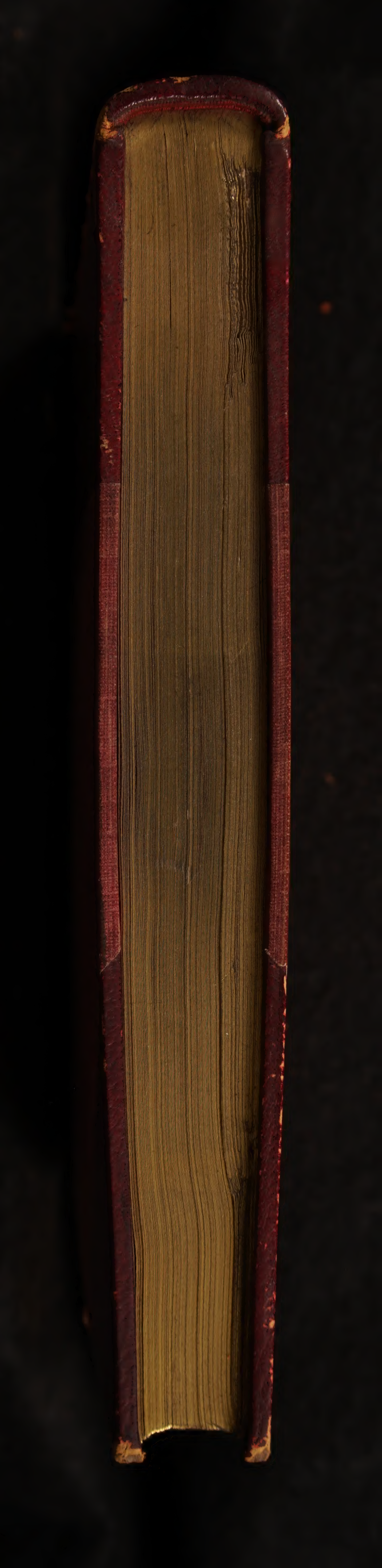


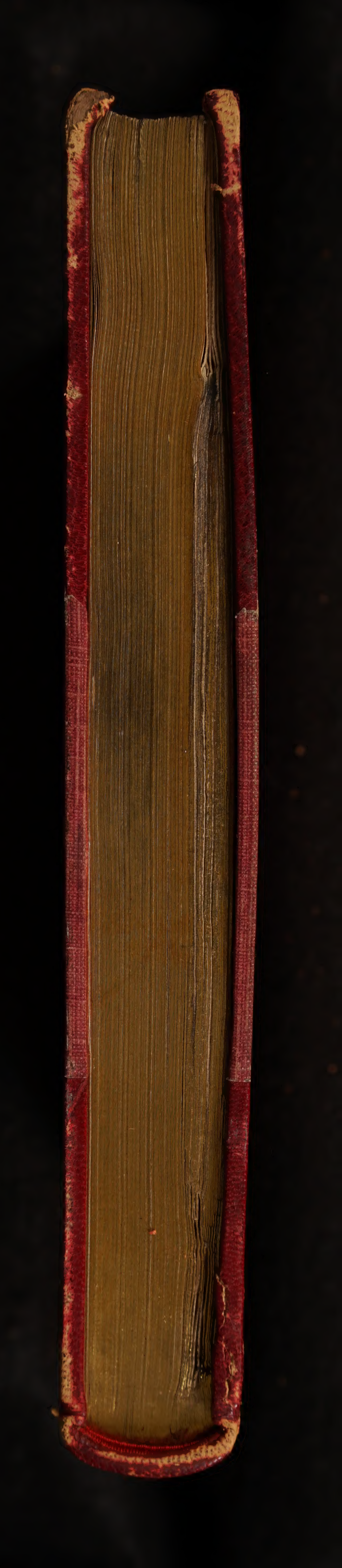
BERTHOUD

DE
LA MESURE
DU
TEMPS

1787





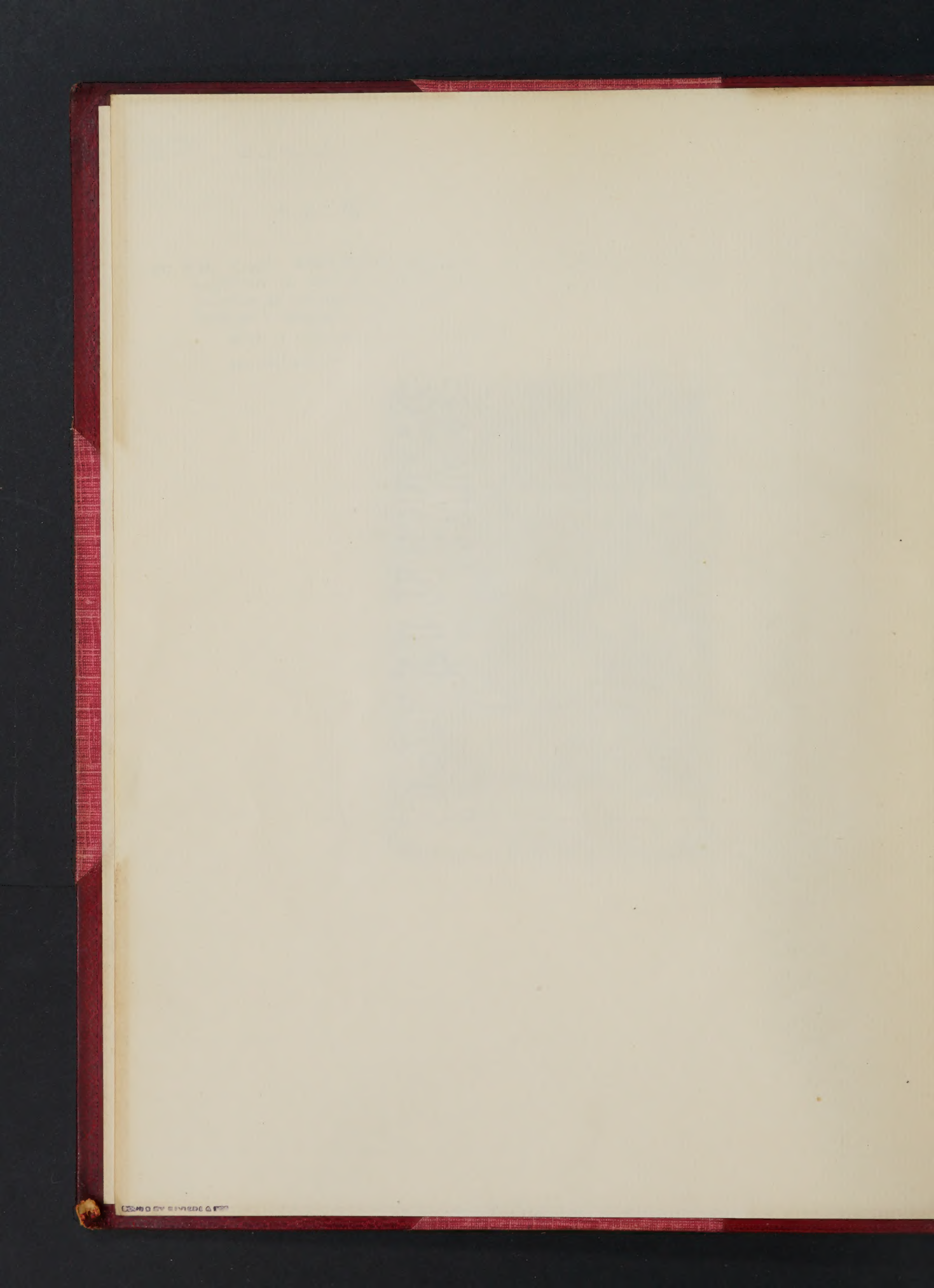


1787 A.D. [2397] *BERTHOUD* (*Ferdinand*). De la Mesure du Temps, ou supplément au traité des Horloges Marines, et a l'Essai sur l'Horlogerie; contenant les principes de construction, d'exécution & d'épreuves des petites Horloges à Longitude. Etc.

With 11 engraved plates of clock works.

4to, *half morocco, g.e.* *Paris*, 1787.





DE LA MESURE

DU TEMPS,

DE LA MESURE DU TEMPS,

OU

SUPPLÉMENT AU TRAITÉ DES HORLOGES MARINES, ET A L'ESSAI SUR L'HORLOGERIE;

CONTENANT les principes de conſtruction, d'exécution & d'épreuves des petites Horloges à Longitude. Et l'application des mêmes principes de conſtruction, &c. aux Montres de poche, ainſi que pluſieurs conſtructions d'Horloges Aſtronomiques, &c.

AVEC FIGURES EN TAILLE-DOUCE.

PUBLIÉ PAR ORDRE DU ROI.

Par M. FERDINAND BERTHOUD, *Horloger Méchanicien du Roi & de la Marine, ayant l'inſpection de la conſtruction des Horloges Marines, Membre de la Société Royale de Londres.*

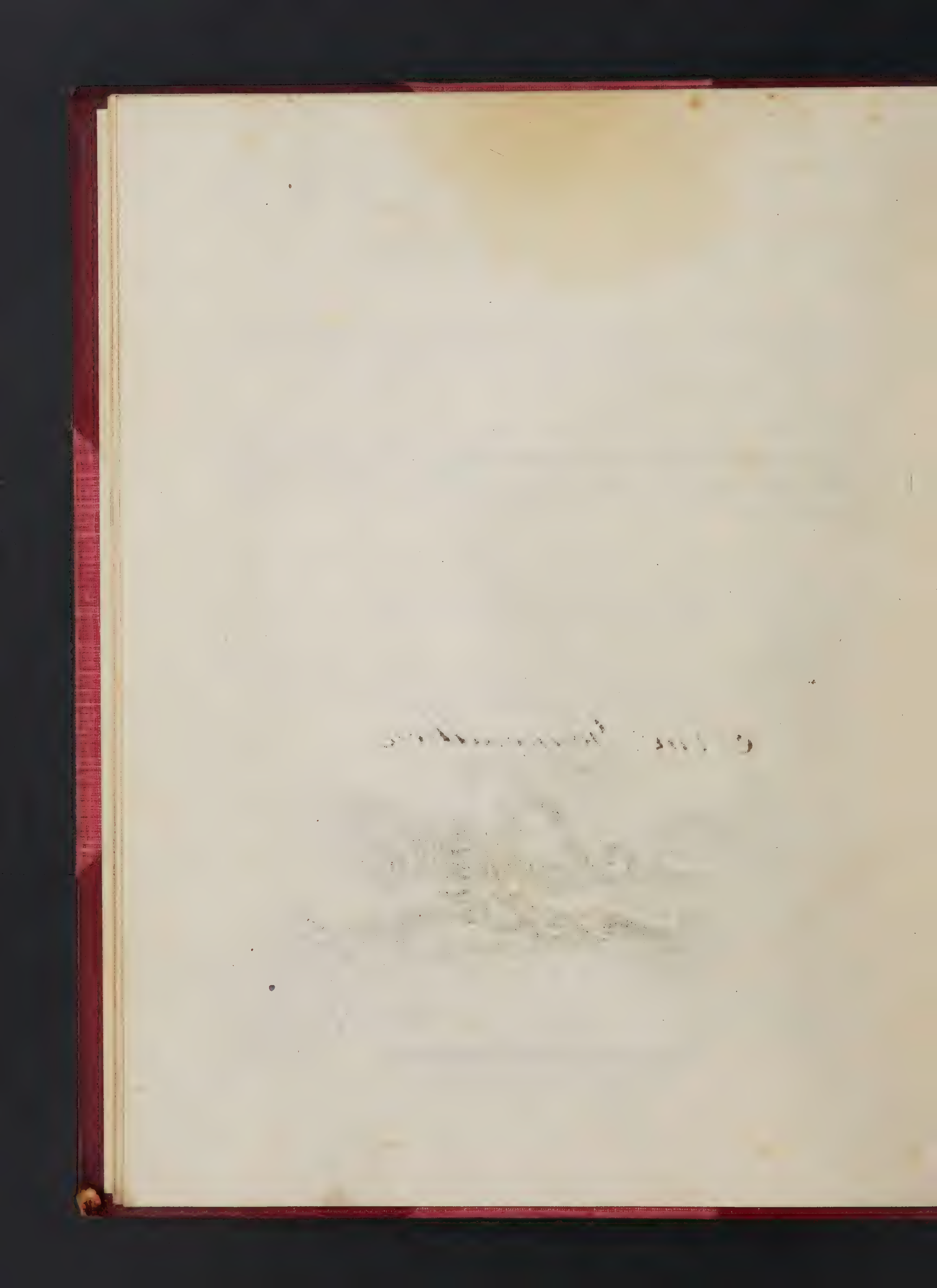
Sim Gounouilhou



A PARIS,

Chez { J. G. MÉRIGOT le jeune, Libraire, Quai des Auguſtins.
DIDOT Fils, = JOMBERT jeune, Libraires, rue Dauphine.

M. DCC. LXXXVII.



INTRODUCTION

Au Supplément du TRAITÉ DES HORLOGES MARINES, *& de l'*ESSAI SUR L'HORLOGERIE.

QUOIQUE les Horloges à Longitudes dont j'ai publié la théorie, les principes de construction, & ceux d'exécution dans *le Traité des Horloges Marines*, ayent eu assez de succès ; j'ai cependant été obligé de faire de nouvelles recherches, parce que ces machines étant à poids, & d'un volume trop considérable, il est arrivé pendant le transport de ces machines par terre, tant d'accidents que je me suis vu forcé de construire de nouvelles Horloges à ressort que j'ai réduites au plus petit volume. C'est le travail que je présente aujourd'hui aux Artistes, & aux Amateurs des machines servant à la Mesure du Temps. *

Il y a actuellement trente-trois ans passés que je m'occupe sans relâche du travail des Horloges à Longitudes ; pendant ce tems, j'ai construit & exécuté quarante-cinq, tant Horloges, que Montres à Longitudes.

Dans la composition d'un aussi grand nombre de machines, dont au moins vingt sont de différente construc-

* En travaillant à la composition de ces Horloges à ressort, je n'ai pas abandonné celles à poids, je me suis occupé d'en réduire le volume : on trouvera dans ce Supplément, la description de deux Horloges à poids : je viens de construire, & d'exécuter moi-même, en 1787, une petite Horloge à Longitude à poids, pour S. A. R. le Prince des Asturies ; ce Supplément étoit si avancé, que je n'ai pu y joindre, ni le plan, ni la description de cette machine.

tion, j'ai ſur-tout cherché à connoître par des épreuves ſûres, celles de ces Horloges ou Montres, qui pouvoient être adoptées pour remplir les beſoins des navigateurs; & je me ſuis également appliqué à les conſtruire, de ſorte que l'exécution en ſoit facile, que les Horloges à Longitudes puiſſent devenir d'un uſage général dans la Marine, & que leur juſteſſe ſoit due à la ſolidité des principes ſur leſquels leur conſtruction eſt établie, plus encore qu'à l'extrême adreſſe de l'Artiſte qui entreprendra de les exécuter.

Les Horloges à reſſort nos XXIV & XXV, dont je donnerai la deſcription dans les Chapitres VI & VII, rempliront à ce que j'eſpère les vues que je me ſuis propoſées; & je les conſidère comme de vrais *Régulateurs*; mais comme ces machines doivent toujours reſter à *bord* du vaiſſeau, j'indique les petites Horloges auſſi à reſſort, n° I; XXVII & XXXVI, décrites dans les Chapitres X & XI, pour accompagner les premières & pour ſervir comme de Montres portatives à tous les uſages des obſervateurs, parce que ces machines peuvent être tranſportées à terre ou dans une chaloupe, &c.

La juſteſſe des Horloges & des Montres à Longitudes, eſt particulièrement fondée : 1°. ſur la grande puiſſance du régulateur, & la réduction de ſes frottements *(a)* : 2°. ſur l'iſochroniſme des vibrations du balancier, obtenu par le ſpiral *(b)* : 3°. ſur la nature de l'échappement à vibrations libres *(c)* : 4°. enfin ſur l'exacte correction des effets du

(a) *Traité des Horloges Marines*, no 23 : 126 : 561. *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 1894.

(b) *Traité des Horloges Marines*, n°. 141, &c. 152 : 154, &c.

(c) *Idem.* n° 281 : 968 : 977 — 988 : 1002.

chaud & du froid par un méchanisme de compensation *(a)*.

Les mêmes principes & la même construction sont également applicables aux petites Horloges à Longitudes à ressort, & aux Montres de poche *(b)*. J'en ai fait moi-même l'application dès 1763, dans la construction de la Montre astronomique à compensation, que j'ai vendue à Londres en 1766 *(c)*: ainsi que dans une Montre construite en 1766, pour M. le Chevalier de Fleurieu *(d)*; & plus particulièrement encore, dans la composition de ma Montre à Longitude portative, construite en 1765 *(e)*. Sous ce point de vue la recher-

(a) *Traité des Horloges Marines*, n° 259—261 : 264.

(b) *Traité des Horloges Marines*. Introduction, pag. *xxiv*.

(c) *Idem*, pag. *xxiv*.

(d) Voyez le *voyage fait par ordre du Roi*, en 1760, &c. *Pour éprouver en mer les Horloges Marines, par M. d'Eveux de Fleurieu*, de l'Imprimerie Royale, 1773, pag. lxxij, Tome I.

On lit ce qui suit dans une note. « La Montre à secondes dont nous avons fait usage dans toutes nos opérations, est de la façon de M. *Ferdinand Berthoud*. Son échappement est à cylindre : les pivots du balancier tournent dans des diamans, & leurs pointes sont portées sur des diamants : Elle est à quatre battements par seconde : les trois aiguilles sont concentriques : Le mouvement de cette Montre n'est point interrompu pendant qu'on la remonte ; il est entretenu par un ressort auxiliaire qui produit son effet de lui-même, sans qu'on soit obligé de faire partir aucune détente Le régulateur y est très-puissant : les variations qui pourroient provenir de l'action de la chaleur ou du froid, sont prévenues & compensées par un *méchanisme de compensation*, tel qu'on en emploie dans les Horloges Marines. Cette machine est la seconde de cette espèce, que M. *Berthoud* ait exécutées. La premiere qu'il avoit fait fut vendue à Londres en 1766, deux ans après qu'elle fut terminée. Ce sont les deux premieres Montres de poche *à compensation*, qui ayent été vues en Europe »

Voyez aussi page xlvij, du même Ouvrage, sur la Montre à Longitude.

(e) *Voyage fait par ordre du Roi, de 1768 & 1769, pour éprouver les Horloges Marines; par M. d'Eveux de Fleurieu; de l'Imprimerie Royale en* 1773, page xlvij, Tome I.

M. *Berthoud* s'est occupé de l'exécution d'une espèce de grosse Montre à ressort, qu'on peut appeller *Montre à Longitudes*, dont la construction est telle que les mouvemens d'une voiture ne peuvent altérer sa régularité, ainsi que lui même l'a déja éprouvé.

Cette Montre sera fort utile pour per-

che des Horloges à Longitudes, aura rendu un ſervice eſſentiel à l'Art & au Public, en perfectionnant les Montres de poche, juſques-là très-défectueuſes. *

C'eſt particulièrement dans l'intention de répandre les nouvelles lumières que la recherche des Horloges à Longitudes a procuré à l'art de l'Horlogerie, que j'ai deſtiné la ſeconde Partie de cet Ouvrage, qui ſert de Supplément à l'Eſſai ſur l'Horlogerie : elle contient les moyens de donner aux Montres de poche, la plus grande juſteſſe que ces machines comportent par leur nature : j'y traite également des moyens de perfectionner les Horloges Aſtronomiques.

Quant à l'uſage des Montres de poche dans la Navigation, mon opinion eſt, que les Horloges à Longitudes, même les plus petites, doivent leur être préférées *(**)*. Car en ſuppoſant que l'on emploie dans une Montre de poche les

fectionner la Géographie intérieure, par la facilité qu'elle procurera, de pouvoir déterminer la différence des Méridiens entre deux Villes peu diſtantes l'une de l'autre, ce qu'on ne pouvoit faire avec exactitude, qu'en employant une baſe & des triangles: & on ſait combien les opérations Géodéſique ſont pénibles; & quelle ſuite d'inſtruments elles exigent. La même Montre peut-être employée auſſi utilement pour lever le plan d'une côte, & déterminer de proche en proche les différences de Méridiens ».

* Si depuis quelques années, des Horlogers ſont parvenus à exécuter des Montres de poche plus exactes, l'invention des moyens qu'ils ont employés eſt due en entier aux Auteurs des Horloges à Longitudes, qui ont publié leurs recherches ſans réſerve dans leurs ouvrages, enſorte que ceux qui ont exécutés ces Montres, n'ont fait que copier ou imiter les principes & la conſtruction qu'ils ont trouvé établis. Ces Ouvrages étant publics, on a pu & dû s'en ſervir; mais ce qui paroîtra ſingulier, c'eſt que les mêmes Horlogers qui ont ſi bien employé les principes & la conſtruction des Horloges à Longitudes, ſe ſont aviſés de fermer leurs Montres par un ſecret, comme ſi elles enfermoient de nouvelles découvertes.

** Et à plus forte raiſon celles à poids.

mêmes moyens que dans une Montre à Longitude, l'on n'obtiendra pas autant de justesse de la Montre portative.

1°. Parce que la Montre qui est portée dans le gousset, n'a point de position fixe, étant tantôt verticale, tantôt horisontale ou inclinée dans divers sens, ce qui produit nécessairement des variations dans sa marche, quelque parfaite que l'on suppose cette machine : & ces variations deviendront encore plus considérables, lorsque les huiles seront épaissies, & que les frottements viendront à changer.

2°. Pour qu'une Montre de poche, ne soit pas susceptible de dérangement par les agitations du *porter*, il faut que le balancier soit petit & léger ; & dès-lors ce Régulateur qui a peu de puissance, éprouve à proportion plus de résistance de la part des huiles & des frottements, & la Montre conserve moins sa justesse *(a)*.

3°. Parce que les huiles mises aux pivots d'une Montre de poche, sont bientôt desséchées par la chaleur du gousset; & c'est ici une des plus grandes causes des variations d'une Montre.

4°. Une Montre de poche est exposée à des changements subits de température, & à des agitations & secousses qui doivent nécessairement affecter sa marche.

5°. L'exécution d'une Montre de poche devient beaucoup plus difficile : & quelque adresse que l'on suppose à l'ouvrier, la perfection dans l'exécution d'une Montre de poche n'égalera jamais celle qu'il pourroit donner à une petite Horloge.

6°. Le ressort spiral réglant d'une Montre de poche, ne peut pas être trempé tout plié, ce qui l'expose à changer de

(a) *Essai sur l'Horlogerie*, n° 1865.

figure par la chaleur : & en démontant la Montre, il eſt expoſé à pouvoir être dérangé.

7°. Quand même on parviendroit à conſtruire & à exécuter une Montre de poche, qui allât conſtamment avec une grande juſteſſe ; une telle machine ne pourroit jamais devenir d'une uſage général dans la Navigation : car peu d'Artiſtes ſeroient en état de les exécuter, & même de les nétoyer avec les précautions néceſſaires pour rendre à ces machines leur première harmonie.

8°. On ne peut pas avec une Montre de poche, obſerver l'étendue des arcs de vibrations du balancier, ni par conſéquent faire uſage de la *Table compoſée des arcs & de la température*, laquelle indique la marche de l'Horloge, lorſque les arcs de vibrations ſont diminués *(a)*.

Enfin, je ne conçois pas qu'il ſoit plus convenable aux Navigateurs d'exiger des Montres de poche, que d'avoir un ſextant ou une bouſſole de poche : car d'ailleurs, ſi l'on peut obtenir des moyens propres à faire des bonnes Montres, & que ces mêmes moyens ſoient appliqués à une Horloge dont la poſition ſoit toujours la même, on aura certainement encore plus de préciſion : l'exécution en ſera plus ſûre & plus facile, & par conſéquent une telle machine ſera moins chere & plus à la portée de tous les Navigateurs.

Tels ſont les motifs de préférence, qui fixent mon opinion ſur le choix des Horloges à Longitudes : on trouvera cependant dans la Première Partie de cet Ouvrage, Chapitres XII & XIII, la conſtruction & la deſcription d'une Montre à Longi-

(a) Voyez ci-après, Chapitre II, n° 14.

tude * portative, que je destinois uniquement à mon usage, & à des épreuves. Elle a été commencée en 1765 *(b)*; & quoique je sois content de la marche de cette Montre, son exactitude qui peut tenir plus encore à la parfaite exécution qu'aux principes, ne sera pas changer mon opinion sur la préférence qu'on doit donner aux Horloges.

L'Ouvrage que je présente aujourd'hui au Public, n'étant que le Supplément au *Traité des Horloges Marines*, & à l'*Essai sur l'Horlogerie*, je n'ai pas dû répéter ce qui a été déja donné dans ces deux Ouvrages, auxquels on doit recourir, soit pour la théorie des Horloges & des Montres à Longitudes, des Montres portatives, &c. soit pour la constructions de diverses parties de ces machines auxquelles je n'ai pas fait de changement depuis la publication du *Traité des Horloges Marines*, en 1773, &c.

Je terminerai cette Introduction, en faisant observer, que dans la composition des Horloges, des Montres à Longitudes, & des Montres Astronomiques, dont j'ai publié les principes & la construction dans le *Traité des Horloges Marines*, & dans ce *Supplément*; j'ai eu principalement en vue de conf-

* Cette Montre de poche à Longitude, que je viens de vendre pour S. A. R. le Prince des Asturies, a été exécutée sous ma direction, par mon Neveu *Louis Berthoud*: depuis cette époque, cet Artiste exécute sur les principes de construction de mes Horloges & Montres à Longitudes, des Montres de poche à secondes, à compensation du chaud & du froid, dans lesquelles il emploie l'échappement libre, & un spiral isochrone: la précision de la main-d'œuvre qu'il donne à tous ses ouvrages, jointe aux principes qu'il a suivis, lui ont fait obtenir dans ses Montres, une très-grande justesse. On trouvera Chapitres XII & XIII, Première Partie, la construction de ma Montre à Longitude de poche, & dans les Chapitres IV, V & VI, Seconde Partie de cet Ouvrage, la construction de mes Montres Astronomiques à compensation à échappement libre, &c.

(b) Voyez Introduction *au Traité des Horloges Marines*, pag. *xxiv*, & *Longitudes par la Mesure du Temps*, pag. 87.

truire ces machines, de ſorte que les Artiſtes qui voudront les imiter, puiſſent exécuter eux-mêmes, en entier, toutes les parties de ces machines, ſans être forcé de recourir à des ouvriers étrangers. C'eſt par cette raiſon que je n'ai pas fait uſage dans mes Horloges, & dans mes Montres à Longitudes, des *rubis percés*; quoique ce moyen ſoit très-bon; mais nous n'avons en France * aucun ouvrier de ce genre. Par une ſuite du même motif, j'ai abandonné l'échappement à repos, *à palette de rubis*, que j'ai employé dans l'Horloge, n° 8; cependant, en me privant de ces moyens de perfection, je crois pouvoir aſſurer que mes Horloges n'en ont pas eu moins d'exactitude. Mais la juſteſſe de ces machines eſt fondée en entier ſur la nature des principes qui leur ſervent de baze, & à ceux de leur conſtruction: cette juſteſſe eſt abſolument indépendante de l'extrême recherche de la main-d'œuvre. Enforte que les Horloges, les Montres à Longitudes, & les Montres de poche que je propoſe, peuvent être exécutées par tous les Artiſtes, adroits & intelligents, même par ceux qui ſont éloignés de la Capitale.

L'*Eſſai ſur l'Horlogerie*, le *Traité des Horloges Marines*, & le *Supplément* que je publie aujourd'hui, contiennent toutes mes recherches ſur les machines ſervant à la Meſure du Temps: je n'ai préſenté mon travail, que comme des matériaux. Je deſire qu'ils ſoient utiles; quant à moi, je crois avoir rempli ma tâche. C'eſt ici le dernier Ouvrage que je publierai: peut-être n'ai-je que trop écrit.

* L'Art de percer les rubis, fut propoſé en France, du tems de la Régence, par M. *Fatio*, de Genève: cet Artiſte n'ayant pas été accueilli, porta ſon ſecret à Londres, où il a été reçu & adopté: Voyez *la régle artificielle du temps*: par *Henri Sully*.

TABLE

TABLE

DES CHAPITRES

Du Supplément au Traité des Horloges Marines, & à l'Essai sur l'Horlogerie.

PREMIERE PARTIE.

Des moyens propres à perfectionner les Horloges & les Montres à Longitudes.

SECONDE PARTIE.

Des moyens de perfectionner les Montres de poche, & les Horloges Aſtronomiques.

ADDITIONS A LA PREMIERE PARTIE

Du Supplément au Traité des Horloges Marines.

ERRATA.

Page 3, *lig.* 12, c'eſt-à-dire, ce qu'il faut vérifier, *liſez :* c'eſt-à-dire, qu'il faut vérifier.

Page 16, *lig.* 13, 5 *lig.*, *liſez* : 3 *lig.*

Page 24, *lig.* 6, par une vis à deux pieds, *liſez* : par une vis & deux pieds.

Page 33, *liſez* : 10 ou de $\frac{}{48}$, *liſez*: ou de $\frac{6}{48}$.

Page 36, *lig.* 15, obſerva ions, *liſez* : obſervations.

Page 55, *lig.* 3, 5 *lig.* $\frac{}{12}$, *liſez* : *lig.* $\frac{5}{12}$

Page 59, *lig.* 10, o *lig.* $\frac{7\frac{2}{1}}{12}$ *liſez* : o *lig.* $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$

Page 64, *lig.* 19, le *levée-reſſort*, *liſez* ; la *levée reſſort.*

Page 66, note (*a*) du même rage, *liſez* : du même ouvrage.

Page 71, note (*c*) 56, *liſez* : 561.

Page 75, *lig.* 29, E, *f*, *liſez* : *e*, *f*.

Page 75, dernière *lig.*, le cercle *I*, *liſez*: le cercle *L*.

Page 79, note, j'ai exécuté cinq, *liſez* : ſix; même note, 30 & 31, *liſez* : 30, 31 & 32.

Page 80, *lig.* 8, la roue de ſecondes *h*, *liſez*: la roue de ſecondes *K*.

Page 80, *lig.* 36, C la roue des heures, *liſez* *G*.

Page 82, *lig.* 6, par ſecondes, *liſez* : par minute.

Page 83, *lig.* 2, centre $\frac{12}{200}$, *liſez* : $\frac{13}{200}$; même *lig.* au dehors $\frac{11}{200}$ *liſez* : au dehors $\frac{12}{200}$.

page 92, *lig.* 26, moyenne $\frac{21}{48}$, *liſez* : $\frac{12}{48}$.

page 104, *lig.* 14, le pignon *d*, *liſez* ; pignon *e*.

Page 104, *lig.* 27, le balancier, *p*, *q*, *r*; *S*, la fente, *liſez* : le balancier, *p*, *q*, *r*, *S*; la fente.

Page 108, *lig.* 9, *N*, C, le rochet, *liſez* : *N*, le rochet.

Page 110, note 1 de ce méchaniſm, *liſez* : de ce méchaniſme.

Page 118, *lig.* 12, comme j'ai dit, dans le trou, *liſez* : paſſe dans le trou.

Page 126, *lig.* 7, l'eſſort, *liſez* : l'effort,

Page 130, *lig.* 1, 5, *lig.* $\frac{70}{12}$, *liſez* : 5 *lig.* $\frac{7}{12}$.

idem, dernière *lig.*, poulie de renvoie 1, *liſez* : poulie de renvoi I.

Page 136; *lig.* 24 de renvoi 1, *liſez* : de renvoi I,

Page 143, avant dernière *lig.* de la partie P, du pont *H*, *P*, *liſez :* de la partie *S du* pont *S*, *P*.

Page 151, *lig.* 23, *C*, une broche, *liſez* : une broche *C*.

Page 155, *lig.* 1, faut chauffer, *liſez* : il faut chauffer.

Page 161, *lig.* 11 & 12, c'eſt une des raiſon, *liſe* : c'eſt une des raiſons.

Page 171, *lig.* 18, par 16 degrés, *liſez* : par 26 degrés.

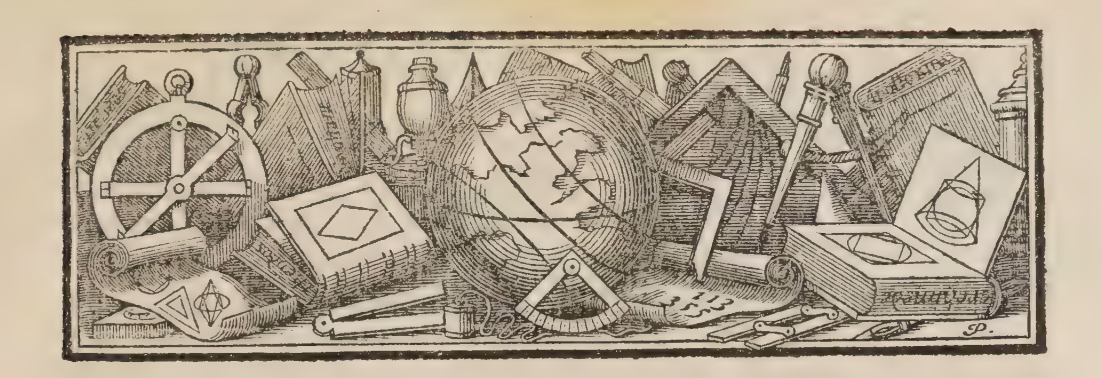
Page 183, *lig.* 28, étant plus horiſontale que verticale, *liſez* : étant horiſontale, que lorſquelle eſt verticale.

Page 210, PLANCHE VII, *liſez*: PLANCHE VIII.

Page 256, *lig.* 24, dans la direction même de XI, *liſez* : de IX, *Idem*, *lig.* 27, placé du côté de X, *liſez :* de IX.

AVIS AU RELIEUR.

Les onzes Planches ſeront placées ſelon l'ordre de leurs numéros, à la fin de l'Ouvrage, après la Table des Matières.



DE LA MESURE DU TEMPS.

PREMIERE PARTIE.

Des moyens propres à perfectionner les Horloges & les Montres à Longitudes.

CHAPITRE PREMIER.

Disposition à donner aux Horloges & aux Montres à Longitudes, pour suppléer à l'Isochronisme du spiral.

Compensateur Isochrone.

N° 1. UNE des conditions les plus essentielles dans la composition d'une Horloge à Longitudes, c'est l'application d'un ressort spiral réglant qui ait la plus parfaite élasticité,

& qui ſoit tel par ſa nature que cette élaſticité ſoit conſtante de même que ſa figure : or, pour réunir ces deux qualités, il eſt de néceſſité abſolue que le ſpiral ſoit trempé tout plié (*a*), condition qui augmente les difficultés pour obtenir en même tempspar le ſpiral l'Iſochroniſme des vibrations du balancier : cependant je ſuis arrivé à ce point de perfection : mais alors l'iſochroniſme n'a preſque jamais lieu que lorſque les arcs de vibrations différent peu entr'eux ; d'ailleurs j'ai ſouvent éprouvé qu'en démontant une Horloge dont le ſpiral avoit été reconnu iſochrone, il ceſſoit de conſerver également cette propriété lorſque l'Horloge étoit remontée, enſorte qu'il falloit les ramener par des épreuves toujours longues. Ce ſont toutes les difficultés que j'ai rencontrées qui m'ont fait recourir à un moyen propre à toujours ramener les oſcillations à l'iſochroniſme.

2. Pour remplir cet objet d'une façon ſûre & ſimple. J'ai fixé ſur l'axe du balancier, au-deſſus des rouleaux, une plaque de cuivre ſur laquelle eſt attachée par deux vis un petit cercle d'acier trempé. Ce cercle eſt diſpoſé de maniere à être rendu plus ou moins excentrique à l'axe du balancier ; ſur ce cercle excentrique appuie un rouleau tournant ſur deux pivots, & porté par une chappe attachée à un reſſort dont l'action ſert à rendre les oſcillations du balancier iſochrones, quelque ſoit la nature du ſpiral, propriété que l'on obtient en rendant le cercle excentrique de l'un ou de l'autre côté de l'axe du balancier : j'ai appellé *Compenſateur iſochrone* (*b*) cette diſpoſition ajoutée au Régulateur de l'Horloge.

3. La figure 9, Planche IV repréſente le Compenſateur vu en plan. *N N* eſt une portion du balancier ; *a* ſon axe ; *y*, *y* le cercle

(*a*) Voyez Traité des Horloges Marines, n° 1298.

(*b*) C'eſt le moyen annoncé *page* 56 des *Eclairciſſements ſur l'invention des Horloges Marines*. J'avois appliqué dès 1773 le Compenſateur iſochrone à pluſieurs Horloges Marines, mais avec une diſpoſition différente. Aulieu du cercle excentrique porté par l'axe du balancier, j'avois placé une poulie à double rainure ; ſur chaque rainure étoit attaché un fil de pitte dont les bouts correſpondoient à deux reſſorts fixés ſur la platine du Régulateur. Ce Compenſateur rempliſſoit très-bien mes vues. Mais je le ſupprimai, dans la crainte où j'étois que les fils de pitte ne vinſſent à changer de longueur ou à caſſer.

excentrique porté par cet axe; z le rouleau Compenſateur dont *P* eſt la chappe; 7, 8 le reſſort; & *Q* le pont qui porte ce reſſort; ce pont s'attache ſur la platine du Régulateur au moyen de deux vis.

4. Nous donnerons cy-après une deſcription plus détaillée du Compenſateur en traitant de l'Horloge n° 35 à laquelle il eſt appliqué. Voy. Chap. XIV.

De la maniere de régler l'Iſochroniſme par le Compenſateur.

5. 1°. Avant de mettre le Compenſateur en action, il faut faire marcher l'Horloge & l'éprouver par différents arcs, afin de connoître ce qui manque à l'iſochroniſme, & dans quel ſens; c'eſt-à-dire ce qu'il faut vérifier ſi les grands arcs ſont plus lents que les petits, ou ſi ces mêmes grands arcs ſont plus prompts que les petits, & de combien?

6. 2°. Si d'après cette premiere obſervation les grands arcs ſont reconnus plus lents que les petits, il faut dans ce cas rendre le cercle excentrique comme il l'eſt dans la fig. 9, Planche IV; c'eſt-à-dire, que le balancier étant arrêté, le cercle excentrique doit être porté du côté du rouleau compenſateur. Quant à la quantité de l'excentricité, elle eſt relative à celle qui manque à l'iſochroniſme: par exemple, dans l'Horloge n° XXV (*a*) pour 10 dégrés de différence dans l'étendue des arcs, il y avoit 22″ de différence en 24 heures, dont les grands arcs étoient plus lents que les petits; auſſi ai-je porté l'excentrique preſque tout entier du côté du rouleau. J'ai obtenu le reſte, en augmentant la bande du reſſort compenſateur. Dans l'Horloge n° XXIII j'ai trouvé que les arcs d'inégale étendue étoient fort près d'être iſochrones; ainſi il a fallu donner peu d'excentricité au cercle.

7. Si les grands arcs ſont plus prompts que les petits, il faut, lorſque le balancier eſt arrêté, que la ligne des centres de l'excentrique & du balancier ſoit paralelle à

(*a*) Embarquée en 1785 pour l'expédition de M. de la Peyrouſe.

la direction (*a*) du ressort, compensateur, comme on le voit fig. 10, Planche IV. C'est de cette maniere que je l'ai appliqué à l'Horloge Marine n° 22 à poids. L'excentrique étant placé de maniere que lorsque le ressort compensateur se bande, le ressort spiral agit en s'ouvrant.

8. 4°. On conçoit que, lorsque le cercle compensateur est rendu concentrique à l'axe de balancier, il ne produit aucun effet; c'est-à-dire que les oscillations restent de même nature, & comme s'il n'étoit pas appliqué à l'Horloge: & telle devroit être sa position, si les oscillations naturelles du balancier étoient parfaitement isochrones. Dans cette supposition ce méchanisme deviendroit inutile: mais ce cas est fort rare, & il faudroit encore conserver le compensateur; car on n'est pas certain que l'Horloge ayant été démontée, & ensuite remontée, les oscillations soient les mêmes: & c'est sur-tout un usage essentiel du Compensateur, & par lequel on est maître de ramener dans tous les cas les oscillations à l'isochronisme.

9. 5°. Pour peu que le cercle compensateur soit rendu excentrique, il changera la nature des oscillations, & diversement selon le sens de son excentricité. On peut donc toujours ramener les arcs à l'isochronisme, quelque soit la nature des oscillations.

10. 6°. C'est particulierement par l'excentricité du cercle compensateur que l'on parvient à ramener les arcs inégaux à l'isochronisme; mais on peut également faire concourir le plus ou le moins de force du ressort compensateur, soit par le plus ou le moins de bande, soit en changeant de lame.

11. 7°. On peut estimer très-sûrement la quantité dont on rend le cercle compensateur excentrique, par la marche même de l'Horloge. Par exemple, dans le n° XXIII

(*a*) On peut varier à volonté la direction de l'excentrique relativement à celle du ressort compensateur, en faisant tourner la plaque qui porte l'excentrique: cette plaque est ajustée sur l'axe de balancier par un canon qui porte une vis de pression, & en changeant cette direction on parvient encore à l'isochronisme. *Voy.* Chap. XIV.

l'Horloge retardoit de 1′ 43″ en 3^h par les arcs 113^d ſans compenſateur ; & avec le compenſateur, elle retardoit de 1′ 46″ ½ dans le même temps, & par les mêmes arcs : le compenſateur a donc rendu les oſcillations de 3″ ½ plus lentes : & comme le cercle étoit trop excentrique, il a fallu réduire cette différence à 1″ ½ environ en 3^h : je l'ai diminuée & l'Horloge a retardé de 1′ 44″ en 3^h. Ainſi la quantité dont on a diminué l'excentricité a diminué le retard de 2″ ½ en 3^h, & par ce point les oſcillations ſont iſochrones. Ces différences ſervent donc de meſure pour l'excentricité. On peut eſtimer par le même moyen l'effet d'augmentation ou de diminution de bande du reſſort compenſateur.

12. 8°. Pour conduire très-sûrement l'excentrique à ſon vrai point, on pourroit le faire mouvoir par une vis de rappel, & toujours ſans rien démonter, & même ſans être obligé de deſſerrer les vis qui le fixent.

13. 9°. Enfin le compenſateur iſochrone, tel que je l'ai décrit ci-devant, & que je l'ai appliqué à cinq Horloges, & à ma montre à Longitudes portative, peut être appliqué de la même maniere à toutes les Horloges à Longitudes, ſoit à poids ou à reſſort. C'eſt l'unique moyen de donner facilement à ces machines la plus rigoureuſe préciſion.

CHAPITRE II.

Des moyens propres à obtenir plus de juſteſſe des Horloges à Longitudes dans les voyages de long cours.

Table d'équation compoſée de la température & des arcs.

14. DANS l'uſage que l'on a fait de mes Horloges Marines, il a été néceſſaire que les obſervateurs qui ont été chargés de ces machines, fiſſent pendant le cours d'une

campagne, des vérifications de la marche de ces machines, afin de tenir compte des changemens qui y étoient survenus ; changemens qui sont toujours produits par l'augmentation dans les frottements (*a*),& par l'épaississement de l'huile, & dont les effets sont de diminuer l'étendue des vibrations du balancier. Or comme il n'est pas toujours facile au navigateur de faire ces vérifications, & que dans les voyages de long cours, les Horloges à Longitudes n'auroient pas la même utilité ; je me suis toujours appliqué à construire ces machines, desorte que les changemens qui arrivent dans les huiles, & par conséquent dans les frottements, ne pussent influer sur la marche des Horloges ; mais malgré tous mes efforts, il reste encore quelques petites différences qu'il seroit important de prévenir. Or le moyen le plus sûr, c'est de former pour chaque Horloge à Longitudes, une Table qui indique les quantités dont la marche de cette machine varie, lorsque les arcs de vibrations du balancier sont diminués de 5 degrés 10^{d} &c. C'est cette Table que j'ai appellé *Table composée des arcs & de la température.*

15. Pour remplir cet objet d'une façon simple & commode, j'ai fait percer les tambours des Horloges à Longitudes vis-à-vis les balanciers ; ces ouvertures sont recouvertes par un cadre qui porte une glace. Au-dessous du balancier est placé un limbe gradué en degrés, lequel sert à indiquer l'étendue des vibrations au moyen d'une cheville portée par le dessous du balancier, & qui sert d'index : c'est ainsi que sont disposées les Horloges n°s XIV, XV & XVI, que j'ai livrées pour la Marine d'Espagne en 1775 ; & les Horloges n°s XVII XVIII, &c. que j'ai livrées pour celle de France en 1776 : mais je fus alors forcé de livrer toutes ces machines, sans avoir pu les accompagner de cette Table essentielle, faute de temps. D'ailleurs je rencontrai alors beaucoup de difficulté pour la formation de ces Tables : mais depuis j'ose me flatter d'avoir levé ces difficultés par les moyens que nous allons exposer.

(*a*) Traité des Horloges Marines, n° 65.

16. La Table que je propoſe ici pour tenir compte des quantités qui manquent à l'iſochroniſme, m'avoit d'abord paru difficile à former, à cauſe des quantités qu'il falloit démêler, & qui peuvent appartenir à la condenſation des huiles par le froid, ou à l'épaiſſiſſement naturel des huiles qui ſe fait à la longue, deux choſes qui produiſent le même effet, ſavoir, la diminution d'étendue des arcs de vibrations du balancier : or la premiere quantité, ſavoir la diminution des arcs par le froid, ſe trouve néceſſairement compriſe dans *l'équation de la température* qui accompagne les Horloges, lorſqu'elles vont à la mer, puiſque la compenſation ſe fait tandis que les arcs varient du chaud au froid. Mais ſi l'on dreſſe la nouvelle Table, de ſorte qu'elle marque non-ſeulement l'étendue des arcs du balancier, lors des épreuves pour la compenſation, mais qu'elle annonce encore d'avance la marche de l'Horloge lorſque le balancier décrira de plus petits arcs, on aura des termes qui donneront la valeur de la diminution des arcs produits par l'épaiſſiſſement propre des huiles.

L'examen que nous allons faire ſervira encore à aſſurer l'uſage de la Table, & à éclaircir ce que nous venons d'énoncer.

1°. *Pour la Table de la température ſeule.*

17. Si l'Horloge eſt telle qu'au moment des épreuves ſervant à former la table de la température, les arcs de vibrations du balancier ne varient pas du chaud au froid ; mais qu'enſuite les arcs viennent à diminuer, il arrivera néceſſairement que l'Horloge variera par la raiſon que les arcs inégaux ne ſont pas iſochrones par diverſe température, correction que la Table d'équation de la température ne peut pas corriger étant ſeule. L'Horloge ne peut donc conſerver la marche qu'elle avoit lors de la formation de la Table, qu'autant de temps que les arcs ſeront de la même étendue qu'ils avoient à cette épo-

que : voilà les premiers motifs qui m'ont fait propoſer la Table des arcs. Il faut maintenant examiner ſi cette Table peut être véritablement utile dans tous les cas : mais auparavant, voyons encore ſous un autre point de vue, la Table de la température employée ſeule comme je l'ai fait juſques ici.

18. 2°. Je ſuppoſe qu'à l'inſtant de la formation des épreuves ſervant à former la Table de la température, les arcs de vibration du balancier ſoient plus petits de 10 degrés par le froid que par le chaud. Dans ce cas, la compenſation, ainſi que la table de la température, comprendront l'écart qui a lieu pour le non iſochroniſme de ces 10^{d} des arcs ; & l'Horloge conſervera la même juſteſſe pendant tout le temps que les arcs décrits par le balancier conſerveront la même étendue & par le chaud & par le froid : mais dès que ce premier état changera par une autre cauſe, ſavoir, l'épaiſſiſſement propre des huiles, l'Horloge aura un écart quoiqu'on y applique les termes de l'équation pour la température. La table de la température ſeule ne peut donc corriger que les erreurs ſur leſquelles elle a été établie, & pendant le temps ſeulement que l'Horloge reſtera dans l'état où elle étoit lors de ſa formation de la Table : la même choſe auroit lieu, quand même la compenſation ſeroit complette & parfaite par tous les degrés de température.

3°. *Des Tables d'équation pour la température & d'équation des arcs réunies.*

19. Les termes qui forment la Table des arcs & de la température étant établis, il eſt évident que ſi enſuite les arcs viennent à changer d'étendue, la juſteſſe de l'Horloge n'en peut être affectée, puiſque ces deux Tables réunies comprennent toutes les variations qui peuvent avoir lieu, tant à raiſon des changemens de température qu'à raiſon de la diminution des arcs de vibrations, & par conſéquent du non-

non-iſochroniſme, les ſeuls écarts qui peuvent avoir lieu. Car ſi les arcs de vibrations du balancier reſtoient conſtamment de la même étendue, il eſt évident que la Table ſeule de la température indiqueroit les variations de l'Horloge; & que ſi les arcs varient, la Table des arcs indique complettement & ſans mêlange la correction à faire.

20. Si la compenſation du chaud & du froid eſt complette & parfaite, & que le balancier dans les épreuves du chaud & du froid, ait décrit la même étendue d'arc, ainſi que je l'ai expliqué; dans cette ſuppoſition, on n'a beſoin que de la Table des arcs, qui comprendra ſeule toutes les variations de l'Horloge. La compenſation tient alors lieu de la Table de la température.

21. Un avantage eſſentiellement grand de la Table des arcs réunis à celle de la température, de la maniere que je l'emploie actuellement, c'eſt que ſi un ſpiral n'eſt pas parfaitement iſochrone, il n'en peut réſulter aucune erreur dans l'uſage de l'Horloge, puiſque la Table comprend & prédit d'avance au navigateur les écarts qui doivent avoir lieu, tant à raiſon des changemens de température, que des changemens qui arriveront dans l'étendue des vibrations du balancier.

22. En examinant avec attention la nature des termes qui compoſent les Tables de la température, & celle des arcs, il me paroît qu'il convient employer les quan ités qui compoſent ces Tables ſous la même forme, & réunies dans une ſeule Table. Car dans les épreuves qui ſervent à les établir, chaque réſultat eſt compoſé de la variation par la température, & de celle du non-iſochroniſme par divers arcs.

Nous donnerons dans le Chapitre XX tous les détails ſervant à la formation de la Table compoſée des arcs & de la température.

CHAPITRE III.

De l'exécution des ressorts spiraux. Méthode propre à les tremper pliés. Dimensions des ressorts pour l'Isochronisme.

N° 23. J'AI à traiter dans cet article un des objets le plus intéressant des Horloges à Longitudes, celui qui m'a coûté le plus de recherches, de peines & de dépenses. Je n'entrerai cependant pas dans les détails immenses, où j'ai été entraîné par cette recherche; cela seule formeroit un volume. Je me contenterai de donner le résultat du travail que j'ai fait sur cette partie, depuis la publication du Traité des Horloges Marines, dont ceci est la suite.

24. La premiere propriété que j'ai recherchée dans le spiral, est celle de fixer sa figure par une forte trempe; la seconde de le rendre isochrone, & j'ai fait tous mes efforts pour réunir ces deux qualités: mais quoique celle de l'isochronisme soit désirable, elle n'est pas d'une nécessité aussi rigoureusement absolue que la premiere, celle d'avoir sa force & sa figure inaltérable: car une Horloge dont le spiral ne seroit pas parfaitement isochrone, pourroit malgré cela conserver une très-grande justesse; ainsi que cela est arrivé à l'Horloge n° 8, dans la premiere campagne. Les changemens dans la figure du spiral sont d'une toute autre conséquence, parce qu'ils peuvent être produits tout-à-coup; & c'est à cette cause que l'on doit attribuer les erreurs du N° 6. (Voyez *Traité des Horloges* N° 739.). Or pour fixer rigoureusement la force & la figure du spiral, on ne peut y parvenir sûrement qu'en le trempant tout plié; car par les méthodes que l'on peut employer pour éviter de

tremper les reſſorts pliés, il en réſulte deux défauts eſſentiels : 1°, c'eſt que le ſpiral qui étoit iſochrone ceſſe de l'être lorſque les ſpires ſe ſont ouvertes ; 2°, que le ſpiral ſe trouve dans un état forcé, deux cauſes de variations conſidérables J'inſiſte donc ſur la néceſſité abſolue d'employer dans les Horloges à Longitudes, des reſſorts ſpiraux trempés tout pliés : il eſt vrai qu'il eſt difficile d'obtenir en même temps que ces reſſorts ſoient iſochrones. Mais je ſuis cependant arrivé à ce point déſiré : ce ſont les procédés ſervant à ce travail, que je vais décrire.

25. Nous avons prouvé, *Traité des Horloges Marines*, que pour parvenir à rendre un ſpiral iſochrone, la lame doit être faite en fouet le plus fort au centre, plié, ſerré par un grand nombre de tours. Depuis la publication de cet Ouvrage, j'ai fait grand nombre d'épreuves pour déterminer la progreſſion que doit ſuivre la lame dans cette diminution, & je l'ai heureuſement fixée ; & pour en rendre l'exécution sûre, j'ai conſtruit divers inſtruments propres à donner la force convenable à la lame, & ſur-tout pour la calibrer avec la plus rigoureuſe préciſion : on trouvera la deſcription & l'uſage de ces inſtruments, Chap. XVIII.

26. En indiquant dans le *Traité des Horloges Marines*, lés principes qui conſtituent l'iſochroniſme du ſpiral, j'ai dit N°s 155 : 222 : 235 & 239, qu'en pliant un ſpiral par un grand nombre de tours ſerrés, on parvient à l'iſochroniſme, parce que les inflexions ſe font par des leviers plus égaux entr'eux. En partant de ce principe que j'ai prouvé par l'expérience, il eſt évident que ſi, aulieu de donner au reſſort réglant la figure ſpirale, on le plioit en cylindre de la même maniere que j'ai fait pluſieurs grands reſſorts moteurs pour mes premieres Horloges, l'action ſe feroit par le même levier, & la force aſcendante ne feroit plus produite que par la nature même du reſſort ; aulieu que, dans le ſpiral, elle eſt compoſée de cette même force, & de celle qui eſt le produit de l'action des leviers inégaux, tels que les donnent les ſpires du reſſort. La fig. 10 de la Planche VII repréſente un des

grands reſſorts que j'avois fait exécuter en 1767, pour ſuppléer le grand reſſort moteur ordinaire ; mais j'ai abandonné cette eſpece de reſſorts à cauſe des difficultés d'exécution.

27. Après avoir tenté divers moyens pour tremper les reſſorts tout pliés, je ſuis revenu à la premiere méthode que j'avois employée pour tremper les reſſorts ſpiraux de ma premiere Horloge, celle de contenir les ſpires par des *brides* : (Voy. *Eſſai ſur l'Horlogerie*, N° 2166) ; mais il reſtoit la difficulté de faire des brides qui fuſſent exactement entaillées d'après les ſpires, & aſſez exactes pour ne pas changer la figure ſpirale du reſſort ; & j'ai heureuſement imaginé un moyen ſimple & sûr qui m'a parfaitement réuſſi. Je plie d'abord convenablement la lame qui doit former le ſpiral au moyen de l'outil deſtiné à cet uſage, (*Traité des Horloges* 1147) en faiſant chauffer le reſſort à meſure. Lorſqu'il eſt plié aſſez ſerré, je le fais recuire légérement dans l'outil à tremper, & le laiſſe refroidir dans l'outil. Enſuite je travaille le reſſort avec des pinces pour lui donner la figure ſpirale la plus exacte. En cet état, je prends un morceau d'étain figuré en lame de couteau, j'en poſe le tranchant ſur le ſpiral, & de ſorte qu'il le traverſe diamétralement ; je donne alors un coup de marteau ſur le dos de la lame d'étain, le ſpiral étant poſé à plat ſur la table : les ſpires font des marques ou entaillés ſur le tranchant de la lame d'étain, & s'impriment de ſorte que cette lame ſert de matrice (voy. Planche VII fig. 7 dont A B repréſentent la matrice d'étain). Pour entailler les petites regles de fer qui doivent former les brides, je mets deux de ces brides en croix de chaque côté : on conçoit qu'il faut imprimer deux lames d'étain pour chaque reſſort. La ſeconde doit être imprimée en croix, ou à angle droit de la premiere poſition, par laquelle on a fait la premiere impreſſion. Ces brides ſont attachées par des liens ou chaſſis de fer qui les fixent par chaque bout. Ces chaſſis ſerrent les brides par des vis, ce qui rend abſolument fixe les ſpires du reſſort.

Voilà une idée de la méthode que j'emploie pour le travail des reſſorts ſpiraux.

Je vais en donner les détails par ordre.

Dimenſions des reſſorts ſpiraux Iſochrones.

28. Spiral de l'Horloge N° X.
Il a 11 lig. $\frac{1}{3}$ de diametre.
Il fait cinq tours.
Sa largeur, 2 lignes $\frac{10\frac{1}{2}}{12}$.
Épaiſſeur au centre, lig. 0 $\frac{21}{200}$.
Épaiſſeur au dehors, lig. 0 $\frac{19}{200}$.
Il tire 18 grains à cinq degrés de la balance élaſtique.

29. Spiral de l'Horloge, N° XXIV :
A de longueur 7 pouces 9 lignes.
Il fait 4 tours $\frac{1}{4}$.
Son diametre eſt de 10 lignes.
Épaiſſeur au centre, lig. 0 $\frac{19}{200}$.
Épaiſſeur au dehors, lig. 0 $\frac{18}{200}$.
Tire 20 grains à 5 degrés de la balance élaſtique.

30. Spiral de l'Horloge, N° XXV.
Longueur, 6 pouces.
Largeur, 1 lig. $\frac{7}{12}$.
Épaiſſeur au centre, lig. 0 $\frac{15\frac{1}{2}}{200}$.
Au dehors, lig. 0 $\frac{14\frac{1}{2}}{200}$.

31. Les ſpiraux des petites Horloges à Longitudes N° XXVII, &c.
Ont de diametre 5 lig. $\frac{10}{12}$.
Font quatre tours $\frac{1}{2}$.
Longueur, 5 pouces.
Largeur de la lame, lig. 0 $\frac{8\frac{1}{2}}{12}$.
Épaiſſeur au centre, lig. 0 $\frac{12}{200}$.
Au dehors, lig. 0 $\frac{11}{200}$.

32. Spiral de la petite Horloge, N° XXXVI.
Sa longueur, 5 pouces $\frac{1}{2}$.
Il fait cinq tours $\frac{1}{2}$.
Largeur $\frac{1}{2}$ ligne.
Épaiſſeur au centre, lig. 0 $\frac{11}{200}$.
Au dehors, lig. 0 $\frac{10}{200}$.

Détails des procédés ſervant au travail des reſſorts ſpiraux.

33. Meſurer avec le compas à micrometre (décrit ci-après Chap. XVIII), les lames qu'on a fait exécuter par le faiſeur de reſſorts. On choiſira celles qui ſont d'épaiſſeur convenable, & qui ſont faites en fouet : elles doivent avoir 19 degrés du compas pour le centre du reſſort, & 17 degrés au dehors, à 8 pouces de diſtance du centre (*a*), la longueur totale des lames en ce premier état doit être de 18 pouces.

34. Travailler & égaliſer les lames avec l'outil à calibrer (décrit Chap. XVIII), & de ſorte qu'elles aient les dimenſions fixées ſavoir 19^d au centre, 17^d à 8 pouces de diſtance, meſurées avec le compas à micrometre.

35. Couper les lames à l'endroit où l'épaiſſeur eſt 19 degrés ; la longueur depuis ce point qui formera le centre doit être de 10 pouces.

36. Bleuir les lames, & les faire même paſſer le bleu, c'eſt-à dire leur donner un bleu gris.

37. Recuire les bouts des lames à la chandelle pour y faire *l'œil* ; le bout qui doit former le centre du reſſort, doit être recuit dans la longueur d'environ 2 pouces, afin qu'en pliant la lame, elle ne caſſe pas.

38. Plier les bouts des lames avec les pinces à ſpiraux, de façon qu'ils forment un crochet.

39. Fendre ces bouts ainſi pliés avec une lime à égalir

(*a*) Ce ſont ici les dimenſions des reſſorts ſpiraux des grandes Horloges à poids, N°s XVII & XVIII, & de l'Horloge à reſſort, N° XXIV.

pour faire les ouvertures des crochets, & terminer l'œil du centre à la lime, & ôter les rebarbes.

40. Plier avec les pinces à ſpiraux l'œil du centre pour le préparer à aller ſur l'outil à plier les reſſorts.

41. Plier à froid le reſſort avec l'outil à plier les reſſorts, ſe ſervir d'un arbre dont la groſſeur ſoit de 3 lig. $\frac{1}{2}$.

42. Placer le reſſort ſur l'outil à plier, ſur l'arbre de 3 lig. $\frac{1}{2}$, & en tournant la manivelle de l'outil, le ſerrer tout contre & arrêter le bout extérieur avec le levier à crochet fait à ce deſſein. En cet état, il faut faire chauffer doucement l'arbre & le reſſort ſur un petit braſier ; plonger le reſſort ainſi ſerré avec ſon arbre dans de l'huile, le chauffer encore, & lorſqu'une goutte d'huile tombe dans le feu, replonger de nouveau le reſſort toujours ſerré dans l'huile. Je dois obſerver par rapport à cette opération, qu'il ne faut pas trop chauffer le reſſort, crainte de le plier trop ſerré, parce qu'on a plus de peine à le rouvrir qu'à le reſſerrer avec les pinces à ſpiraux, lorſqu'il eſt trop ouvert ; il vaut mieux plier le reſſort au feu ſur l'outil, en allant de proche en proche.

43. Les lames de reſſort étant pliées convenablement de cette maniere, il faut les placer dans l'outil à *recuire*, & placer l'outil dans un braſier ſans ſouffler ; on laiſſera l'outil à recuire juſqu'à ce qu'il ſoit couleur de ceriſe, & pas plus ; car ſi on recuit trop les reſſorts, cela corrompt l'acier de ſorte qu'il ne peut plus prendre une bonne qualité de trempe : d'ailleurs quand les reſſorts ſont trop recuits, il ne ſe travaillent plus ſi bien avec les pinces à ſpiraux. L'outil à recuire étant donc couleur de ceriſe, on le retire du feu, & on le laiſſe refroidir, les reſſorts reſtant dedans ; car ſi on retiroit les reſſorts de dedans l'outil, pendant qu'il eſt chaud, il s'éleveroit une écaille ou paille ſur les reſſorts, qui en changeroit la force, & qui ôteroit le poli de la lame.

44. Couper avec une lime à feuille de ſauge, le bout intérieur de l'œil, ainſi que le bout extérieur à l'endroit

du trou fait pour le crochet de l'arbre à plier : ce reſſort ne devant plus être placé ſur le tour à plier les reſſorts, l'un & l'autre bout devient inutile.

45. Achever de plier en ſpirale avec les pinces à ſpiraux, les reſſorts préparés. Pour cet effet, il faut avoir au moins quatre pinces à ſpiraux de différentes groſſeurs & courbures pour les reſſorts des grandes Horloges, & autant pour ceux des petites : & il en faut deux ou trois droites ſans taille pour ſervir à ouvrir les ſpires trop fermées. Quand les reſſorts ſont pliés trop grands au feu, il faut commencer à travailler les reſſorts par le centre avec les petites pinces courbes : on pliera le bout du centre de la groſſeur convenable pour la virole. Pour les grandes Horloges, cette virole doit avoir 5 lignes de diametre : les viroles pour les ſpiraux de moyenne force, comme celui de N° XXV, ont 2 lig. $\frac{4}{12}$: & pour les petites Horloges, le diametre de la virole eſt de 1 lig. $\frac{8}{12}$. Si les ſpires du reſſort ſont trop ſerrés au feu, il faut les ouvrir avec les pinces droites en commençant par le dehors. Le reſſort étant ouvert convenablement, on le plie par le centre avec les pinces courbes. Il faut que les reſſorts ſoient parfaitement pliés en ſpirale, enſorte que les courbures & les intervalles ſoient uniformes dans toute l'étendue du reſſort : l'intervalle entre les ſpires des grandes Horloges doit être par-tout de $\frac{3}{4}$ de ligne, & pour les petites Horloges, cet intervalle eſt de $\frac{1}{2}$ ligne au plus.

46. Les reſſorts étant parfaitement pliés en ſpirale, il faut les placer ſucceſſivement ſur la virole d'épreuve qui doit être de la même groſſeur que la virole qui doit ſervir, & dont j'ai donné la meſure ci-deſſus ; on ſerrera le bout intérieur du ſpiral ſur cette virole, au moyen de ſes deux vis, & de la plaque d'acier ; on montera la virole ſur un *arbre* liſſe ; on fera ainſi tourner le ſpiral ſur cet arbre, afin de voir ſi les ſpires ſont concentriques à l'axe ; ſi elles ne le ſont pas, on travaillera en conſéquence la ſpire du centre jusqu'à ce que le ſpiral tourne *rond*, c'eſt-à-dire que la ſpirale ne ſoit pas excentrique à l'arbre ou virole : on examinera

minera ſi les côtés du ſpiral tournent droit, ce que l'on corrigera s'il en eſt beſoin, en le faiſant tourner parfaitement dans le même plan.

47. On prendra un des *couteaux d'étain*, (A B, fig. 7, Planche VII, que l'on figurera convenablement; le dos de la lame ayant environ une ligne d'épaiſſeur, & le tranchant, qui doit être arrondi, ayant $\frac{1}{2}$ ligne au plus : on poſera un des reſſorts que l'on a pliés & terminés, à plat ſur le laboratoire; on poſera ſur le ſpiral, le tranchant du couteau d'étain, que j'appelle *la matrice*, enſorte qu'en paſſant par ſon centre, elle en forme un diametre qui paſſe en même tems par le bout extérieur du ſpiral : en cet état on frappera un coup de marteau à tête un peu large & plate, ayant attention que le coup porte au-deſſus du centre du ſpiral, afin que tous les bords de chaque ſpire s'impriment ſur le tranchant de la *matrice* d'étain : ſi un ſeul coup n'a pas aſſez imprimé, on en donnera un ſecond avant de dégager la matrice : on dégagera la matrice, & on numérotera 1 le bout d'abord imprimé, & on ſe ſouviendra que ce bout doit répondre au bout extérieur du ſpiral à un endroit qui ſera remarquable par l'impreſſion même de l'étain qui l'aura un peu blanchi.

On prendra le bout non imprimé de la matrice (*a*), & on l'appliquera ſur le ſpiral dans une poſition qui paſſe par le centre comme dans la premiere, & à angle droit ſur la premiere poſition : en cet état on frappera un coup de marteau pour imprimer les bords des ſpires ſur le tranchant de la matrice; on fera la marque 2 ſur ce bout de la matrice.

48. Je fais préparer pluſieurs lames du fer le plus doux pour ſervir de brides. J'en applique une ſur le bout marqué 1 de la matrice. Je fais un peu déborder du bord de la bride, le tranchant imprimé de la matrice (*b*); en cet état je ſerre l'une contre l'autre à l'étau. Je prends une petite lime à

(*a*) La longueur des matrices peut être de deux pouces $\frac{1}{4}$, afin de faire deux impreſſions ſur chacune.

(*b*) Il faut auſſi que les bouts des brides ſoient aſſez ſaillants en dehors des entailles de la matrice, & par conſéquent du reſſort, afin de recevoir les chaſſis qui doivent les fixer ſur le reſſort.

fendre, de l'épaiſſeur des entailles imprimées à la matrice. Je poſe bien exactement dans une entaille & fais une légere fente à la bride, & de même à toutes les entailles du bout N° I. Je marque un trait oblique au bout de la bride, qui indique ſon repaire avec le reſſort.

49. Je prends une ſeconde lame de fer, & l'applique de la même maniere ſur le bout N° II. de la matrice. Je fais les fentes comme dans la premiere opération ; je marque cette bride par un repaire de deux traits obliques.

50. Je prends une petite ſcie de reſſort dont l'épaiſſeur eſt la même que celle des ſpiraux : cette ſcie ſe place & ſe fixe dans un *doſſier* monté ſur un manche de limes : au moyen de cette *ſcie à doſſier* je forme aux deux brides de fer, des entailles d'égales profondeurs, & auſſi larges que la lame du ſpiral eſt épaiſſe, afin que les ſpires y entrent juſte & ſoient maintenues dans leur figure & reſtent dans le même plan.

51. Je prends une autre lame de fer & l'applique ſur celle N° I ; Je les ſerre à l'étau ; & avec la ſcie à doſſier je marque à cette nouvelle bride, les entailles de la premiere, & je fais le repaire.

52. Je prends de même une autre lame & l'applique ſur la bride N° II, & y marque avec la ſcie à doſſier les fentes, je marque un repaire de deux traits à cette nouvelle bride.

53. J'acheve d'enfoncer les fentes des deux dernieres brides.

54. Je fais au milieu de la longueur de chaque bride N° I, une entaille enfoncée à moitié de ſa hauteur, & du côté oppoſé aux fentes des ſpires : je fais de même au milieu de la longueur des brides N° II une entaille enfoncée à moitié leur hauteur, mais du côté même des fentes des ſpires. Au moyen de ces entailles, on peut faire l'aſſemblage des 4 brides en croix, & l'une au deſſus de l'autre. Voy. Pl. VII, *fig. 6.*

55. Je poſe le ſpiral à plat ſur le laboratoire, & prends une bride N° I, & la place ſur le ſpiral dans le même

ſens, & à l'endroit même où j'ai poſé la matrice pour former la premiere marque d'impreſſion : je fais entrer les ſpires dans les fentes.

56. Je prends une bride N° II, & la poſe en croix ſur le ſpiral, de ſorte que le bout marqué II ſoit du même côté du ſpiral où étoit le bout II de la matrice, lors de l'impreſſion ; je fais entrer le ſpiral dans les fentes.

57. Je retourne doucement le ſpiral & le poſe à plat ſur le laboratoire, ſur ſes deux brides. Je place la bride N° I vis-à-vis celle N° I de deſſous, & fais entrer les ſpires dans les entailles. Je prends de même l'autre bride N° II, & la fais entrer en croix ſur le ſpiral, vis-à-vis celle N° II de deſſous.

58. Je prends quatre chaſſis à vis pareils à celui C D, Pl. VII, *fig.* 7, & les fais entrer ſur les bouts des brides ſaillants au dehors du ſpiral : je ſerre les vis, & fixe à demeure les brides avec le ſpiral, en ſorte que le tout ne forme plus qu'un même corps : voyez la *fig.* 6, Planche VII, qui repréſente cet aſſemblage. Tous les reſſorts ainſi préparés ſont prêts à être trempés.

59. Je place un reſſort ainſi fixé avec ſes brides dans l'outil à tremper les reſſorts (*Traité des Horloges Marines*, N° 1142.) Après avoir fermé l'outil je le place dans une grande poële pleine de charbon allumé : je laiſſe l'outil ſe chauffer ſans ſoufler, & juſques à ce qu'il ait pris le degré de chaleur naturelle du braſier. Lorſque l'outil à tremper eſt d'un rouge ceriſe, je le tire du feu & le porte ſur un poëlon rempli d'huile d'olive : en ce moment j'ouvre l'outil & laiſſe tomber doucement le reſſort dans l'huile : je trempe de la même maniere tous les reſſorts que j'ai préparés, & j'en diſpoſe toujours au moins une douzaine à la fois, afin d'avoir à choiſir. D'ailleurs il y a de l'avantage à exécuter & tremper pluſieurs reſſorts à la fois ; car lorſque l'outil à tremper eſt une fois échauffé, on place un autre reſſort dedans, on referme l'outil, & on le remets un moment au feu, pour lui faire

reprendre le rouge convenable, ce qui eſt bientôt fait : on trempe de nouveau ce reſſort, & ainſi de ſuite.

60. Tous les reſſorts que j'ai préparés, étant ainſi trempés, je déviſſe les vis des chaſſis leſquelles doivent être faites de fer pour ne pas ſe tremper. J'ôte doucement ces chaſſis & je retire enſuite avec précaution les quatre brides de chaque reſſort, afin d'éviter de caſſer les reſſorts. Toutes les brides qui ont une fois ſervi à la trempe des reſſorts deviennent inutiles, car à chaque reſſort il en faut de nouvelles. Il faut auſſi effacer l'impreſſion faite aux matrices d'étain; on doit en avoir autant que de reſſorts que l'on veut tremper. On conſervera les chaſſis à vis, parcequ'ils ſerviront à toutes les trempes que l'on voudra faire

61. Pour connoître les reſſorts qui ſont d'une bonne trempe, je caſſe un petit morceau de chaque bout du ſpiral, & je rejette les reſſorts qui ne ſont pas de la plus forte trempe : ils doivent, pour être tels, caſſer ſec : je rejette également les reſſorts dont la trempe a trop dérangé la figure. Nous obſerverons, par rapport à l'eſſai de la trempe, que l'on peut le faire, avant même d'ôter les chaſſis & les brides, & on peut eſſayer de retremper ceux qui ſont mols.

62. Après avoir choiſi les reſſorts qui ont la meilleure trempe, & la figure moins dérangée, je blanchis les bouts extérieurs de ces reſſorts avec de la pierre à huile en poudre, appuyant le bout ſur un morceau de bois de buis figuré convenablement. Je nétoie ce premier tour de chaque reſſort après qu'il a été blanchi.

63. Je place un reſſort dans l'outil à bleuir, afin de le faire revenir jaune : j'en fais autant à tous les reſſorts, cette précaution étant néceſſaire pour éviter qu'on ne caſſe les reſſorts en les poliſſant.

64. Je polis les reſſorts, & c'eſt une opération qui exige de l'adreſſe & de la patience. Pour polir les reſſorts, j'attache un bois de buis convexe d'un côté pour ſou-

tenir le reſſort, lorſque je polis le dehors ou côté extérieur ; & concave de l'autre côté, pour ſoutenir le reſſort, lorſque je polis le dedans. Je prends du bois blanc & de la pierre à huile broyée, pour adoucir le reſſort ſpiral des deux côtés, dedans & dehors. Le ſpiral bien adouci, je le nétoie, & prends enſuite du rouge d'Angleterre pour le polir ; je netoie chaque reſſort, & me ſers pour cet effet de linge fin & de pinces à goupilles plates & minces.

65. Le ſpiral étant poli & nétoyé, je le prépare pour le bleuir, & je fais ſervir en même-temps cette opération pour faire reprendre au reſſort l'exacte figure ſpirale que la trempe lui a fait perdre. Pour cet effet j'introduis entre les ſpires trop ſerrés, de petits coins faits avec du bois de *Fuſain*, afin de les écarter convenablement : & pour ramener les ſpires qui ſont trop ouvertes, je place le ſpiral ſur une plaque de cuivre mince bien dreſſée, ſur laquelle je marque & place des chevilles qui contraignent la lame, pour la redreſſer & lui faire prendre la figure ſpirale la plus exacte. (On conçoit qu'il faut placer de nouvelles chevilles pour chaque nouveau reſſort.) Le ſpiral ainſi ramené à la figure qu'il avoit avant la trempe, on le poſera avec ſa plaque de cuivre dans l'outil à bleuir, & au moyen d'une groſſe chandelle, en échauffant cet outil on bleuira le ſpiral : & pour qu'il ſe bleuiſſe bien également, lorſque le deſſous commencera à bleuir, on retournera le ſpiral ſens deſſus deſſous dans l'outil. Une autre méthode que j'emploie pour ramener le ſpiral à ſa vraie courbure, c'eſt de prendre une pince à ſpiral ayant la courbure convenable, de pincer le ſpiral à l'endroit où il eſt mal courbé & trop ouvert, & en faiſant chauffer la pince avec le chalumeau en deſſous du ſpiral, celui-ci reprend la vraie courbure : ſi la ſpire eſt trop fermée, je me ſers d'une pince plate.

66. Tous les reſſorts étant bleuis & ramenés à la figure ſpirale, il faudra les éprouver ſur la *Balance élaſtique* (Traité des *Horloges Marines*, n° 1144) afin de connoître ceux qui ſont propres à l'iſochroniſme. Pour cet effet, on placera chaque reſſort ſpiral ſur la virole d'épreuve ayant 3 lig. de diamètre ;

on le difpofera de forte qu'il foit exactement concentrique & droit; on l'appliquera fur l'axe de la balance, & on l'éprouvera. Si la force du reffort croît en progreffion arithmétique, ou fi, à la fin de la bande par 120 degrés, par exemple, elle décroît, ce fpiral peut être réputé ifochrone (*Traité des Horloges*,) n° 141, 226. Mais fi la force eft en plus grande progreffion que celle arithmétique, le fpiral ne fera pas ifochrone en ce point; on l'accourcira donc & on cherchera, de proche en proche, s'il a dans fa longueur un point par lequel il puiffe être ifochrone: cette épreuve doit être faite de deux manières: d'abord en faifant refferrer le fpiral fur lui-même, enfuite en le faifant rouvrir; & il faut avoir foin que les fpires ne fe touchent pas entr'elles ni au piton ni à la virole, effets qui rendroient l'épreuve très-fautive. On mettra à part les refforts qui n'ont pas été trouvés ifochrones ; mais avant de les rejetter, il fera à propos d'en faire l'effai avec l'Horloge même; parce que cette manière de les juger eft encore plus sûre que celle de la balance.

67. Ayant trouvé un fpiral reconnu propre à l'ifochronifme fur la balance élaftique, on fera une marque à ce fpiral à l'endroit où il étoit arrêté par le piton, & autant au centre près la machoire de la virole : on placera ce reffort fur la virole du balancier, & de la même manière qu'il étoit fur celle d'épreuve, ayant attention qu'il foit parfaitement droit & rond, & que le trait fait au centre du reffort affleure la plaque de la virole, comme il faifoit à celle d'épreuve : on pofera le reffort fur l'axe du balancier, & on fera tourner la virole jufqu'à ce que le trait fait au dehors du fpiral fe préfente dans la fente même du pince fpiral : on fera marcher l'Horloge en faifant décrire différents arcs au balancier, au moyen de l'équipage décrit Chap. XVIII, & on éprouvera fi les arcs inégaux font ifochrones : fi cela n'eft pas, on allongera ou on raccourcira le fpiral jufques à ce que ce point foit trouvé : cela fait, il ne faudra plus toucher au fpiral ; & pour régler l'Horloge, on augmentera ou on diminuera convenablement le poids du balancier : car fi on touchoit au pince

ſpiral pour régler l'Horloge, le ſpiral ne feroit plus iſochrone, (*Traité des Horloges Marines*, N° 1403).

Nous donnerons dans le Chapitre XIX, tous les détails relatifs aux épreuves pour l'iſochroniſme du ſpiral.

CHAPITRE IV.

Principes de conſtruction, de l'échappement libre le plus ſimple, & détails d'exécution.

68. J'AI publié dans le *Traité des Horloges Marines* la deſcription & donné les Plans de pluſieurs conſtructions de l'échappement à vibrations libres de ma compoſition, tel que je l'ai employé dans mes Horloges Marines (*a*). Cet échappement a rempli parfaitement tout ce que j'en attendois & qu'on en exige; cependant il reſtoit encore à déſirer qu'il fût plus ſimple & d'une exécution plus facile. Nous allons préſenter de nouveau l'échappement libre, avec les changemens que j'y ai fait, & tel que je l'ai appliqué à mes petites Horloges & Montres à Longitudes.

69. La figure 6, Planche IV, fait voir en perſpective l'échappement libre. Il eſt ici repréſenté au moment où la roue d'échappement communique ſon action au balancier.

A, repréſente l'axe du balancier ſur lequel eſt fixé par deux vis le cercle *B* d'échappement; *C*, eſt la roue d'échappement; *a b c*, la détente d'échappement, laquelle porte en *b* un talon formé en portion de cercle qui ſert à ſuſpendre l'action de la roue *C*, pendant que le balancier va & revient librement ſur lui-même; la partie *a b* de cette détente eſt formée en

(*a*) Voy. *Traité des Horloges Marines*, la deſcription n° 281 : & le Chapitre XII, IIe Partie, n° 967 & ſuiv. ; n° 1035, 1084. Et voy les Planches XIX, fig. 4, 5, 6 & 7; Planche XX fig. 2, 3, 9. Planche VIII fig. 6, 7. Planche XXI fig 4.

ressort très-flexible, & sur-tout à l'extremité *a* qui est le centre de mouvement de la détente : j'appelle *détente-ressort*, (*a*) la piece *a b c*. La partie *b c* forme proprement la détente dont le ressort *a b* est le centre de mouvement. La pate *a* de la *détente-ressort* est attachée par une vis & deux pieds sur la platine. Le ressort *d e f* fixé par une vis à deux pieds sur le cercle d'échappement, porte en *d* une cheville, laquelle agissant sur le bras *c* de la détente, dégage la roue ; c'est à ce moment que la dent de la roue agit sur la tranche *h* du cercle d'échappement, & qu'elle lui communique son action : le cercle continue ensuite de tourner de *B* en *A*, ensuite il revient sur lui-même, & alors la cheville *d* du ressort *d e*, glisse sur le bout incliné *c* de la détente, & se remet en prise pour élever de nouveau la détente. J'appelle *levée ressort* (*b*) la piece *d e f*; la partie *d e* forme seulement le ressort qui doit être très-flexible, & dont le centre de mouvement est censé être fait en *e*; la *levée-ressort* peut fléchir vers le centre de l'axe *A*, mais elle ne peut pas trop s'engager avec le bras de la détente, sa course de ce côté étant bornée par une cheville fixée au cercle *B* ; le talon d'arrêt *b* de la *détente-ressort a b c*, ne doit pas non plus être engagé trop avant dans la pointe de la dent de la roue, mais seulement de la quantité nécessaire pour l'arrêter sûrement. La course de la détente est ici bornée par l'ouverture *g* faite à la platine sur le fond de laquelle va battre le bout du talon *b*.

70. La figure 7, Planche IV, représente le plan de l'échappement que nous venons de décrire : *B*, le cercle d'échappement ; *C*, la roue ; *a b c*, la *détente-ressort* ; & *e f g*, la *levée-ressort*.

(*a*) Cette *détente-ressort* tient lieu de la détente que j'employois ci-devant, & laquelle étoit mise en cage par un pont, rouloit sur deux pivots, & étoit pressée par un ressort. *Voy*, *Traité des Horloges Marines*. N° 990.

(*b*) La *levée-ressort* tient lieu de la palette que j'employois ci-devant, laquelle est mise en cage par un pont, roule sur deux pivots, & est pressée par un ressort. *Voy. Traité des Horloges Marines*. N° 990.

REMARQUE.

REMARQUE.

L'échappement à vibrations libres que nous venons de décrire, eſt en même temps le plus ſimple, il eſt d'une exécution facile, & il a l'avantage de pouvoir être aiſément appliqué aux Montres de poche : il eſt préférable à celui à détente & à palette que j'employois ci-devant à mes Horloges, parce qu'il a de moins le frottement de quatre pivots, & celui des points de contact des chevilles de détente & de levée : c'eſt par la conſidération de ces divers avantages que nous entrerons ci-après dans tous les détails de conſtruction & d'exécution de ce nouvel échappement.

71. La figure 8, repréſente le plan de l'échappement à vibrations libres, à détente miſe en cage ; c'eſt le même que j'ai donné *Traité des Horloges Marines*, Planche XIX, fig. 5, décrit n° 977 du même Ouvrage, auquel j'ai fait ici un très-léger changement ; c'eſt qu'au lieu de rendre flexible le bras droit de la détente, de maniere que la cheville portée par le cercle élève ce bras-reſſort par un plan incliné, j'ai placé le reſſort de côté pour en obtenir l'effet du pied-de-biche employé dans mon premier modele : voy. *Traité des Horloges Marines*, n° 281. *A* eſt la roue d'échappement ; *B* le cercle ; *a b c* la détente miſe en cage par un pont, & preſſée par un reſſort ; *f b* repréſente ce reſſort : la partie *a* forme le talon d'arrêt de la roue ; *b* eſt l'axe ou centre de mouvement ; *b c* le bras de la détente ; & *b d* le reſſort ſur le bout duquel la cheville *d* du cercle d'échappement agit lorſqu'elle revient de *h* en *d* ; alors cette cheville élève la détente & dégage la roue, (parce que ce reſſort appuie ſur le talon *c* du bras de la détente) ; mais lorſque le balancier revient de *B* en *c*, cette cheville fait fléchir le reſſort *d b* pour ſe remettre de nouveau en priſe : la cheville *e* attachée à la platine empêche la détente de rétrograder, & le reſſort *b d* céde au mouvement de la cheville *d*. Quoique cette diſpoſition paroiſſe fort ſimple, je préfere la *levée-reſſort* placée ſur le cercle d'échappement ; car ce reſſort étant placé ſur la détente, celle-ci

devient trop pefante, ce qui exige plus de force dans le reffort qui la preffe, & oppofe par conféquent plus de réfiftance au mouvement du balancier : le reffort *b d* eft attaché par une vis fur le centre de la détente.

Principes de conftruction de mon échappement à vibrations libres, à détente mife en cage & à levée-reffort.

72. La levée la plus convenable à (*a*) cet échappement eft de 60 degrés.

73. La détente doit être la plus petite & la plus légère poffible ; je régle fa longueur fur la diftance des dents de la roue d'échappement, & place cette détente fur le plan, de forte que le bras droit & celui qui porte le talon ayent chacun la même longueur.

74. L'axe de la détente doit être placé dans la tangente de la dent qui doit pofer fur le talon de cette détente, pour fufpendre le mouvement de la roue.

75. La roue d'échappement doit être la plus légère poffible, & fes pivots d'un petit diamètre.

76. La longueur du *reffort-levée* doit être réglée par la tige de la détente, à côté de laquelle il doit paffer fans y toucher : par cette difpofition on donne à ce reffort toute la longueur qu'il peut avoir.

77. Le bras droit de la détente doit être exactement dirigé au centre du balancier, & agir le plus près de ce centre qu'il fe pourra, (*Traité des Horloges Marines*, n° 282.)

(*a*) Pour trouver la grandeur que doit avoir le cercle d'échappement pour que la levée foit de 60 degrés, on obfervera que fon diametre doit être double de la diftance d'une dent de la roue d'échappement à un autre, puifque la corde de 60 degrés eft égale au rayon, ou, ce qui revient au même, le rayon eft contenu 6 fois dans la circonférence du cercle ; ainfi pour tracer le plan de l'échappement, on trouvera cette diftance des dents par la proportion fuivante, pour une roue que nous fuppofons avoir 9 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre, & 24 dents : 1 : 3, 1416 :: 9 $\frac{1}{2}$: ou 9, 5 : 29, 8452, divifant ce dernier terme qui eft la mefure de la circonférence, par 24, nombre des dents, on aura, à très-peu-près, 1 $\frac{1}{4}$ lignes pour leur diftance ; ainfi le diametre du cercle d'échappement devra être de 2 lignes $\frac{1}{2}$.

78. Le bras droit de la détente doit être accourci en exécutant l'échappement, jufques à ce qu'il n'excède pas le dedans de la cheville de la *levée-reffort* ; cela donne la quantité dont la détente doit être élevée pour dégager la dent de la roue d'échappement, & en ce point les effets font sûrs.

79. Dans mes petites Horloges la cheville de la levée peut avoir $\frac{2\frac{1}{2}}{48}$ de lig. de diamètre.

80. Au moment où la cheville de la *levée-reffort* touche le bras droit de la détente pour dégager la roue, la *levée-reffort* doit faire un angle de 100 degrés, ou à peu près, avec la ligne qui paffe par les centres de la détente & du balancier, & ce reffort ne doit être à angle droit avec la détente, qu'au moment où la cheville eft arrivée au bout du bras & le quitte. Cette direction de la *levée-reffort* eft néceffaire pour empêcher que la réfiftance que la détente oppofe pour la levée, ne faffe en cet inftant, écarter le *levée-reffort* vers le centre du balancier, ce qui empêcheroit de faire détendre la roue ; mais dans cette pofition la réfiftance de la détente fert au contraire à faire appuyer la *levée-reffort* contre la cheville d'arrêt : ainfi toute autre direction rendroit les effets incertains.

81. La cheville de repaire du balancier doit être tellement placée, que l'entaille du cercle d'échappement fe trouve dans la ligne des centres du balancier & de la roue, lorfque le balancier eft arrêté. Pour cet effet, on doit, pour marquer le repaire, faire un trait au balancier vis-à-vis le *o* de la platine, au moment où la roue a produit la levée & quitte le cercle, & un autre trait lorfque la *levée-reffort*, en rétrogradant, quitte le bout du bras droit de la détente. Prenant le milieu entre ces deux traits, on aura le point du balancier fur lequel on placera une cheville. Lorfqu'elle fera vis-à-vis le *o* de la platine, le plan de la levée du cercle fera dans la ligne des centres ; & en ce moment, pour peu que le balancier foit mis en mouvement, l'échappement fera en action pour entretenir le mouvement de vibration.

De la maniere de tracer ſur le calibre, l'échappement libre à détente-reſſort & à levée-reſſort.

Planche IV, *fig.* 7.

82. Soit *A*, fig. 7, la plaque de cuivre ſur laquelle on veut tracer le plan de l'échappement : cette plaque doit être faite en cuivre, bien dreſſée, & adoucie au charbon.

83. Je trace ſur le calibre, le cercle *C* qui repréſente la grandeur de la roue d'échappement, laquelle doit avoir 10 dents ; je diviſe exactement ce cercle en 10 parties, & les points de diviſion repréſentent les pointes des dents de la roue ; cela fait, des points *n* & *o* de diviſion, & avec la même ouverture de compas qui donne la diſtance des dents, je forme les interſections *m*, *l* ; du point d'interſection comme centre, je trace le cercle *B* qui repréſente le cercle d'échappement & ſon diametre, tel que la levée d'échappement ſoit exactement de 60 degrés. (*a*)

Maintenant pour tracer la détente j'obſerve que la roue tourne de *n* en *o*, & je prends le point de diviſion *p* de la roue pour former ſon arrêt au moyen du talon de la *détente-reſſort* ; de ce point & du centre *m* du cercle d'échappement, je tire la ligne *c b* qui repréſente le bras de la détente, & je marque le point *g* qui repréſente la cheville de la levée qui doit élever la détente. Cette cheville doit être placée auſſi près du centre du cercle qu'il eſt poſſible, enſorte cependant que ce reſſort, en gliſſant ſur le plan incliné du bras de la détente, & en ſe rapprochant du centre, ne puiſſe toucher à l'axe du balancier : cette diſtance eſt ici donnée en conſéquence, ainſi elle dépend de la groſſeur de l'axe du balancier. Dans ma Montre aſtronomique de poche, décrite Chapitre XII, le point de contact de la cheville de la *levée-reſſort*

(*a*) Cela eſt évident, puiſque, comme nous l'avons dit (n° 72) la corde *a b*, ou l'eſpace parcouru par la roue, eſt égal au rayon du cercle d'échappement, or on prouve en Géométrie que cet arc eſt de 60 d.

ſur le bras droit de la détente, eſt diſtant de $\frac{7}{12}$ de lig. du centre.

84. La direction du reſſort *a b* doit être dans la *tangente* de la dent de la roue d'échappement qui fait arrêt ſur le talon de la détente, c'eſt-à-dire, être d'équerre avec le centre de la roue & la dent *p* ; ainſi en plaçant ſur le calibre une équerre dont un côté paſſe par le centre de la roue, & que l'angle réponde au ſommet de la dent, l'autre côté de l'équerre devient tangente ou perpendiculaire au rayon. Donc en tirant une ligne *a b* ſur ce côté, on aura la direction du reſſort. Pour tracer la direction du reſſort-détente avec plus de préciſion, enſorte qu'elle ſoit tangente à la roue, du centre *s* de la roue *C*, fig. 7, tirez la ligne ponctuée *s t* qui paſſe par le point de diviſion *p* de la dent qui doit agir ſur le talon *b* ; de cette diviſion qui repréſente l'extrémité de la dent comme centre, décrivez la portion de cercle *t* avec la même ouverture de compas qui forme le rayon *b s* de la roue : & des points *s t* comme centre ; formez les portions de cercle *r*, *v* ; du point d'interſection *z*, tirez par le point de diviſion de la dent *p*, la ligne *z b*, qui ſera tangente au rayon *b s* de la roue. Pour régler la longueur du reſſort, je prends la longueur *p g* (*a*) de la détente & la porte en *a* ; de ce point *a* comme centre de mouvement de la détente, je décris la portion du cercle *q* qui formera le talon de la détente ; le trait intérieur *b* marque l'épaiſſeur de ce talon ; au-delà du point *y*, je trace la patte *a y* de la *détente-reſſort*.

85. Enfin pour achever de tracer l'échappement il reſte à marquer la direction de la *levée-reſſort* : pour cet effet, je prends un *rapporteur* de corne tranſparent : je place le centre en *g* qui repréſente la cheville du reſſort-levée, le *o* d ſur la ligne *g b* du bras de la détente, & vis-à-vis 100 d, je marque un point *x* ; de ce point à la cheville, je tire la ligne en *e g* qui repréſente la direction du reſſort-levée.

(*a*) Pour faciliter l'exécution de la *détente-reſſort*, & en aſſurer mieux les effets, il faut donner plus de longueur à la partie qui forme le reſſort ; ainſi au lieu des dimenſions que je viens de donner, il faut que ce reſſort ait trois fois la diſtance d'une dent de la roue, à partir du talon *b*, juſqu'à la patte *a*.

86. Il reste à régler la longueur de ce ressort; le talon *q* de la détente est la seule chose qui le borne, parce que s'il étoit trop long il iroit y toucher : il faut donc prendre avec un compas, la distance *m q* du centre du cercle *B* au talon *q*, pour en former la portion de cercle *e* qui limite la longueur de la *levée-ressort* : cette portion de cercle *e* doit être en dedans du talon *q* du ressort-levée, afin qu'il y ait un passage aisé, & que le ressort-levée ne puisse jamais trop en approcher.

87. Je trace la portion de cercle *e* qui termine l'extrémité du ressort : *f l* est la patte, & *h* la place de la vis qui doit l'attacher sur le cercle d'échappement *C*: ce ressort est fixé sur le cercle *C* par une vis & deux pieds.

88. Le pont *D* sert à borner la course de la détente audessus de laquelle il passe; il porte en dessous deux chevilles, l'une placée au bout pour arrêter la détente, & l'autre en dedans, pour empêcher que l'on ne puisse forcer le ressort.

De l'exécution de l'échappement à vibrations libres à détente & à levée-ressort. (a).

89. Pour exécuter sûrement & facilement cet échappement, il est à propos de tracer à part sur une petite plaque de cuivre, la roue, le cercle, la détente & le ressort-levée, par des traits fins & des points, de la même maniere qu'il l'est sur le plan Planche III fig. 1, d'après les régles prescrites ci-devant.

90. L'échappement étant ainsi tracé sur le calibre (*b*) on s'en servira pour exécuter sûrement la *levée-ressort*. Pour cet effet, on percera un petit trou par le point *o* qui représente le centre du cercle; un autre en *q*, pour la cheville de la *levée-ressort*; un en *m* pour la vis; un en *p* de l'extrémité du ressort-

(*a*) Je prends pour exemple celui de l'Horloge N° 36, Planche III. fig. 1.

(*b*) Ce calibre étant fait, servira toutes les fois qu'on aura un pareil échappement à exécuter.

levée, & un en *m* pour l'extrémité de la patte. On placera ſous le calibre une plaque d'acier mince & bien dreſſée que l'on ſerrera avec une tenaille à vis; & marquant avec un foret des points à chaque trou on aura la figure exacte de ce reſſort. On tracera par ces points la figure de la *levée-reſſort*.

91. On percera le trou *o* du centre que l'on fera de la même groſſeur que celui du cercle d'échappement; on percera de même celui de la vis *m* du reſſort, & celui de la cheville de la levée qui ne doit être que de *o* lig. $\frac{3}{48}$ au plus; on placera le cercle d'échappement ſur l'arbre liſſe qui a ſervi à le tourner & au deſſus la plaque d'acier du reſſort-levée; on percera ſur le cercle d'échappement le trou de la vis de ce reſſort. On fera la vis & fixant enſemble la plaque & le cercle ſur le même arbre, on percera au cercle d'échappement le trou de la cheville levée; on ôtera la vis & figurera le reſſort tel qu'il eſt tracé ſur la plaque d'acier; on placera une cheville dans le trou du reſſort levée; cette cheville débordera en deſſus pour faire effet avec la détente, & en deſſous pour entrer dans le trou du cercle. On préſentera le cercle (placé ſur ſon axe) avec la détente, & on verra ſi la direction du reſſort eſt celle preſcrite, & on la corrigera au beſoin; on percera deux trous à la patte du reſſort pour les pieds; on trempera ce reſſort & on le fera revenir bleu; on adoucira ce reſſort; enſuite on affoiblira & rendra très-flexible la lame *p q*; on adoucira cette partie de la lame.

92. Le reſſort de la levée ayant la direction requiſe, & étant trempé & mis de force, c'eſt-à-dire rendu le plus foible, on ajuſtera la cheville de la levée, qui doit être en or; cette cheville ne doit avoir que de $\frac{3}{48}$ lig. de diametre. On laiſſera déborder cette cheville en deſſous pour entrer dans le trou de repaire du cercle d'échappement: en cet état, on percera le trou de la cheville d'arrêt de la *levée-reſſort*; cette cheville doit être placée ſur le cercle d'échappement, auprès du petit rond qui porte la cheville, mais ſans devoir y toucher, & elle ne doit faire qu'affleurer le dehors du reſſort levée, & bien juſte, afin qu'elle ne change pas la direction donnée de ce reſſort; on placera cette cheville qui doit être un peu plus groſſe que

celle de la levée. Cela étant ainſi fait, on agrandira le trou de repaire fait au cercle d'échappement, pour la cheville de la levée. Ce trou doit être aſſez grand pour permettre le mouvement rétrograde de cette cheville, lorſque le bout ſupérieur de cette même cheville, agit ſur le plan incliné du bras droit de la détente d'échappement : par cette diſpoſition, le reſſort-de la levée ne peut pas être forcé en travaillant à l'échappement, ou en le nétoyant, parce que ce trou qui devient en ce moment *de précaution*, borne la courſe de la cheville, & par conſéquent du reſſort levée, & le garantit de tout accident.

93. La *levée-reſſort* étant ainſi faite, on travaillera à la détente d'échappement (que je ſuppoſe déja ébauchée, & la tige miſe en cage, & le reſſort de détente placé.) On taillera la roue & finira les dents : on tournera le cercle d'échappement juſte de grandeur, pour qu'il paſſe entre deux dents ſans jeu : en cet état, on limera le talon de détente, terminé par une portion de cercle concentrique à ſon axe, & ce talon ſera juſte de longueur pour entrer ſous ſa dent, mais ſans jeu.

On limera le bras droit de la détente, de ſorte que ſon plan paſſe par le centre de l'axe de la détente, & qu'étant dirigé au centre du balancier, le talon ſoit ſuffiſamment en priſe avec la dent de la roue d'échappement. Dans cette poſition, on percera & poſera la cheville d'arrêt de la détente, de ſorte que cette cheville étant placée, le bras droit ſoit exactement dirigé au centre du balancier : on marquera & percera la cheville ſur laquelle doit agir le reſſort de la détente. Cette cheville doit être placée, de ſorte que le reſſort étant dirigé au centre de la détente, il agiſſe ſur elle, ou ce qui revient au même, il doit agir par *la ligne des centres.*

94. On fera faire les effets au reſſort en le mettant de hauteur, de largeur, & d'épaiſſeur convenable.

Cela étant ainſi préparé, on limera le côté du talon pour ne laiſſer que la priſe néceſſaire pour aſſurer l'arrêt de la roue; le dedans du talon limé en plan incliné : on diminuera la

la largeur du dehors du talon que l'on tiendra le plus léger poſſible ; on accourcira le talon pour qu'il ne faſſe que déborder un peu l'épaiſſeur de la dent de la roue.

95. Pour achever la détente, il reſte à donner la longueur néceſſaire au bras droit pour opérer le dégagement de la roue. Cette longueur doit être telle que le bout du bras ne faſſe qu'affleurer le dedans de la cheville de la *levée-reſſort*, ou ce qui revient au même, que le talon s'écarte de la roue par la levée de la cheville d'environ l'épaiſſeur de la roue d'échappement, ou de $\frac{1}{48}$ de lig. dans les petites Horloges Marines.

96. Le bout du bras droit en dehors doit être terminé en plan incliné, & convenablement pour que la cheville de la levée, lorſque le balancier rétrograde, gliſſe ſur ce plan pour enſuite ſe remettre en priſe avec la détente, & que lorſque le balancier revient, il s'éleve de nouveau.

97. On trempera la détente, on l'adoucira, & on polira les parties agiſſantes. On placera à demeure ſur la détente la cheville ſur laquelle doit agir le reſſort de détente. On *chaſſera* la tige ſur la détente, de maniere que celle-ci ſoit élevée à la hauteur requiſe pour que le bras droit réponde au milieu de la longueur de la cheville de la *levée-reſſort*, & que le talon réponde auſſi à l'épaiſſeur de la roue.

On tournera un peu le cercle d'échappement, afin que les dents de la roue aient un peu de jeu.

98. Tous les effets de la détente étant revus & bien faits, on fera tourner doucement à frottement par la preſſion d'une carte &c. le balancier, enſorte qu'il ne faſſe qu'élever la détente pour dégager la roue, pour qu'une de ſes dents appuie ſur le cercle. En ce moment, on marquera ſur le cercle la place de l'entaille qui doit opérer la levée de la roue ſur le cercle d'échappement. Cette entaille doit correſpondre à l'endroit où la dent de la roue appuie ſur le cercle.

Direction des opérations d'exécution de l'échappement libre à détente & à palette mise en cage.

99. Fendre & finir la roue d'échappement.

100. Ébaucher la détente d'échappement selon qu'elle est tracée sur le plan, & d'après l'élévation de la roue & du cercle.

101. Poser le ressort de la détente d'échappement; mettre le pied; percer & poser la cheville d'arrêt de la détente d'après le plan de l'Horloge où son trou est percé.

102. Faire le passage à la platine pour le talon de la détente d'échappement & d'après le plan.

103. Nettoyer les trous & les pivots des rouleaux: remonter les rouleaux & mettre le balancier en cage.

104. Démonter toutes les pieces portées par le cercle d'échappement; mettre la roue d'échappement à sa place.

105. Présenter le cercle d'échappement sur l'axe de balancier, afin de voir combien ce cercle doit être diminué pour entrer entre les dents de la roue.

106. Tourner le cercle d'échappement de juste grandeur pour entrer sans jeu entre deux dents de la roue.

107. Le cercle ainsi placé, & fixant la roue, prendre avec le compas à verge, la longueur du bras du talon de détente d'échappement, porter cette mesure sur le talon; tracer la portion de cercle & limer en conséquence le talon qu'il faut tenir plutôt trop long, afin d'en limer petit-à-petit jusqu'à ce qu'il entre juste sous la dent pendant que la roue est retenue par le cercle. Il convient de laisser ce talon plus large qu'il n'est besoin pour former l'arrêt de la roue, afin d'avoir à en limer lorsqu'on aura posé la cheville d'arrêt de la détente.

108. Il faut tourner encore le cercle d'échappement, afin de donner le jeu convenable aux dents de la roue.

109. Remonter la palette & son ressort sur le cercle

d'échappement, & placer le cercle ſur l'axe de balancier; l'attacher par ſes vis.

110. Limer le devant du bras droit de détente, de ſorte qu'étant dirigé au centre de l'axe de balancier, le talon de détente reſte en priſe ſous la dent de la roue d'échappement, d'une plus grande quantité qu'il n'eſt beſoin pour en former l'arrêt.

111. Percer & placer en conſéquence le trou de la cheville d'arrêt de la détente, pour que le bras droit conſerve ſa direction au centre de l'axe de balancier.

112. Percer & placer la cheville du reſſort de détente, de ſorte que cette cheville placée, le reſſort ſoit dirigé au centre de la détente.

113. Limer le talon de détente, & ne laiſſer que la priſe convenable pour l'arrêt de la roue d'échappement.

114. Limer le bout du bras droit de détente, de ſorte que la cheville de la palette d'échappement opere la levée convenable pour dégager la roue.

115. Achever de limer & adoucir la détente; la tremper; l'adoucir; polir le talon & le bras droit; placer la cheville pour le reſſort; chaſſer la détente ſur ſa tige; & la faire entrer à la hauteur convenable.

116. Mettre la détente & ſon reſſort en place; en cet état, marquer ſur le cercle la place de l'entaille qui doit opérer la levée de la roue ſur le cercle. Pour cet effet, on fait agir la palette ſur la détente pour degager la roue; en cet inſtant marquer l'endroit où la roue appuie ſur le cercle.

117. Limer l'entaille, laquelle doit former une courbe; la préſenter de nouveau, & la relimer petit-à-petit, juſqu'à ce que la dent en quittant la détente tombe juſte ſur l'extrémité de cette entaille pour opérer la levée.

118. Tremper le cercle, & polir le plan; adoucir les faces, &c.

119. Marquer la cheville de renverſement: Pour cet effet, faire tourner le balancier juſqu'à ce que la roue ait opéré la levée: marquer un trait vis-à-vis du o de la platine;

faire rétrograder le balancier jusqu'à ce que la cheville de la palette soit remise en prise avec le bras droit de la détente; marquer un autre trait vis-à-vis le o ; prendre le milieu de ces deux traits faits au balancier : c'est la place de la cheville de renversement.

Remarque & observations sur l'échappement à vibrations libres appliqué aux Montres à Longitudes à vibrations promptes, & aux Montres de poche.

120. L'échappement à vibrations libres que nous avons décrit ci-devant, remplit parfaitement ses effets, & on peut l'exécuter facilement lorsque le balancier fait des vibrations lentes, comme 2 ou 4 par secondes. Mais il devient plus difficile dans les montres qui font 6 vibrations par seconde. C'est par cette raison que je dois ajouter à ce Chapitre quelques observa ions pour servir de guide aux Artistes qui voudront en faire l'application aux montres à vibrations promptes.

121. 1°. La cheville de la *levée-ressort* portée par le cercle d'échappement ne doit élever la détente, ou la *détente levée*, que de la quantité nécessaire pour que la dent de la roue d'échappement échappe sûrement de dessus le talon qui suspend le mouvement de la roue (*a*) ; & aussitôt que la roue est échappée, il faut que la détente quitte la cheville, & qu'elle retombe promptement, afin que son talon ait repris sa place pour suspendre de nouveau l'action de la roue : cela doit s'exécuter avant que la dent qui agit sur le cercle d'échappement soit parvenue à l'extrémité de ce cercle, & qu'elle le quitte. Car si la détente ne retombe pas assez

(*a*) Et pour que les effets de l'échappement se fassent en un tems très-court, le talon de la détente ne doit engrener dans la roue que de la quantité requise pour suspendre sûrement l'action de la roue, pendant que le balancier oscille librement; dans mes Montres à longitudes, cet engrenement du talon est d'environ $\frac{1}{12}$ de ligne.

vîte pour recevoir la dent de la roue, celle qui eſt ſituée vers *n*, Planche IV, fig. 7, retomberoit ſur la circonférence du cercle, & cauſeroit un frottement très-nuiſible, & la dent courroit le riſque d'être courbée à la rencontre de l'entaille du cercle d'échappement : cet effet très-nuiſible peut ſurtout avoir lieu lorſque le balancier décrit de très-grands arcs de 3co degrés, par exemple, ſa vîteſſe en eſt encore plus grande, & par conſéquent il eſt néceſſaire que la détente retombe plus promptement.

122. 2°. Pour prévenir le défaut eſſentiel dont nous venons de parler, il faut que la détente d'échappement ſoit très-courte & fort légere, afin qu'elle retombe promptement ſans exiger trop de force dans le reſſort qui la ramene : c'eſt pour cette raiſon que les détentes des Horloges N°s XXXVI & XXVII ne peſent avec leur tige que un grain, ou la ſoixante-douzieme partie d'un gros : car ſi cette détente eſt trop peſante, il faut pour la faire retomber avec la vîteſſe requiſe, que le reſſort qui la preſſe ſoit plus fort, ce qui cauſe plus de réſiſtance au mouvement de balancier, & des frottements nuiſibles aux points de contact des détentes.

123. 3°. Dans une Montre qui fait ſix vibrations par ſeconde, le reſſort de la détente eſt néceſſairement plus fort, afin de faire retomber aſſez promptement & ſûrement la détente. Le ſeul obſtacle de cette force du reſſort eſt celui d'augmenter le frottement des points de contact de la détente ; car par rapport au plus de réſiſtance qu'elle oppoſe au mouvement du balancier, il n'en peut réſulter aucune erreur ; cette réſiſtance étant toujours la même ; mais pour empêcher ou au moins diminuer les frottements des points de contact par la levée ; il faut que le bout du bras de la détente ſoit trempé de toute ſa force : & au-lieu d'employer une cheville de cuivre ou d'or pour la *levée-reſſort*, il faut que le bout du *reſſort levée* porte un talon d'acier pour tenir lieu de la cheville, & que ce talon figuré convenablement ſoit trempé de toute ſa force. C'eſt de cette

maniere que j'ai fait exécuter l'échappement de la Montre aſtronomique portative décrite Chap. XII.

124. 4°, La *levée-reſſort* d'échappement n'a pas comme le reſſort de la détente une force limitée & donnée : elle peut être rendu la plus foible poſſible, ſans qu'il en puiſſe réſulter aucun défaut, il ſuffit que par aucunes ſecouſſes elle ne puiſſe s'écarter de la cheville d'arrêt qui en fixe le chemin.

125. Pour bien entendre cet échappement, il eſt néceſſaire d'étudier avec beaucoup d'attention ſa conſtruction & la nature de ſes effets; & pour le juger il faut l'exécuter ; c'eſt peut-être même le ſeul moyen d'entendre parfaitement les détails dans leſquels nous ſommes entrés dans ce Chapitre, & je penſe que l'échappement à vibrations libres eſt très important pour la juſteſſe conſtante, non-ſeulement des Horloges à Longitudes, mais particulierement des Montres de poche : c'eſt ſur-tout en faveur des Artiſtes amateurs des bonnes Montres, que j'ai donné plus d'étendue à cet article, & que je l'ai traité avec plus de détails.

126. L'échappement à vibrations libres à *détente-reſſort* décrit (N° 69), peut être facilement appliqué à une Montre de poche : car, dans une telle machine, dont les pivots de balancier roulent dans des trous, le balancier eſt néceſſairement léger, & d'un petit diametre; & dès lors il eſt plus convenable de lui faire battre quatre vibrations par ſeconde : avec ces vibrations, les effets de l'échappement s'exécuteront facilement & très-ſûrement. Et comme le reſſort détente peut être très-foible, il n'eſt pas néceſſaire de pratiquer un talon d'acier à la *levée-reſſort* : une ſimple cheville de cuivre devient ſuffiſante, ſans craindre qu'elle puiſſe s'uſer : le balancier faiſant 4 vibrations par ſecondes, & employant l'échappement à vibrations libres, l'aiguille battra les demi-ſecondes, ce qui eſt plus commode pour la plus part des perſonnes qui veulent des Montres à ſecondes.

127. Le reſſort de la détente doit être fait en fouet le plus fort en *b* Planche IV, fig. 7, & allant en diminuant vers *a* qui eſt cenſé être, & qui eſt en effet le centre de mouve-

ment de la détente *a b c*; de même le *reſſort-levée* doit être fait en fouet de *g* en *e*, le plus fort en *g*, & le plus foible vers *e*, centre de mouvement de la *levée-reſſort g e f*.

1 8. Enfin, pour mieux aſſurer les effets de l'échappement à vibrations libres à détentes, & indépendamment de la force du reſſort qui la fait retomber, on peut ajouter une piece ou bras de précaution à la détente; ce bras, au moment où la détente dégage la roue d'échappement, entrera dans une entaille du cercle d'échappement; & dès l'inſtant que la détente retombera, le plan incliné du cercle écartera le bras & ramenera le talon de la détente, pour recevoir la dent avant que celle-ci ait quitté l'entaille de levée du cercle.

129. La fig. 8, Planche IV, repréſente la diſpoſition à donner à l'échappement à détente, pour aſſurer les effets de l'arrêt de la roue d'échappement : *b g* eſt le bras de précaution fixé en *b*, par la même vis du reſſort *b d*, & par l'axe. Le bout angulaire *g* doit ſe préſenter à l'entaille *h*, au moment où la cheville *d* élève la détente, & lorſque la détente retombe, le plan incliné *h* du cercle *B*, écarte le bras *g* pour faire rentrer le talon *a*, avant que la dent *i* ait quitté l'entaille d'impulſion *l* du cercle, enſorte que, par cette piece de précaution *b g*, la dent *m* de la roue doit néceſſairement retomber ſur le talon *a* de la détente, quand même le reſſort *f* n'auroit pas fait retomber la détente avec aſſez de vîteſſe : au reſte, en employant dans l'exécution de l'échappement à vibrations libres à détentes, les ſoins & attentions que j'ai indiqués ci-devant, l'addition de cette piece de précaution devient inutile, car je n'en ai pas fait uſage dans huit Horloges à Longitude, où cet échappement eſt employé avec des vibrations très-promptes, 6 par ſeconde, & cependant les effets ſont très-aſſurés.

CHAPITRE V.

Du Ressort moteur des Horloges à Longitude. Des moyens de rendre sa force constante ; de calculer la force du ressort ; de trouver le diametre de la fusée, &c.

130. L'EFFET le plus nuisible dans un ressort, est le frottement des lames ; l'inégalité de force de la lame, ou bien la mauvaise qualité de l'acier & de la trempe le rendent aussi défectueux : mais par rapport au frottement le moyen de le prévenir autant qu'il est possible, c'est de tenir la lame plus épaisse du milieu, & il faut pour cela que le ressort ne soit pas trop large, & que la lame ait une certaine épaisseur.

131. Une observation qu'il est important de faire pour les ressorts d'Horloges à Longitude, dans lesquelles leur perfection est d'une si grande importance pour la justesse du mouvement, c'est qu'il faut adopter une moindre quantité de force motrice ; car un grand ressort ne peut être exécuté que par les faiseurs de ressort en Pendule ; cette sorte d'ouvriers est incapable de les exécuter avec la perfection requise ; & l'acier qu'ils emploient n'est pas assez fin, parce que les ressorts seroient trop sujets à casser : il vaut donc mieux avoir une moindre quantité de force, & faire exécuter les ressorts par les ouvriers qui les font en Montres. Tels sont les ressorts employés à ma premiere Montre Marine ; mais dans le cas où il seroit nécessaire d'avoir une force motrice plus grande, il seroit plus convenable d'employer deux petits ressorts dans le même barillet, comme je l'ai pratiqué dans ma Montre Astronomique Marine, (N° 1). Voy. ci-après Chapitre IX.

Qualités

Qualités requiſes dans un reſſort.

132. 1°. D'avoir le moins de frottement poſſible.

133. 2°. De n'être point ſujet à caſſer.

134. 3°. De conſerver conſtamment la même force.

135. Quant à la première condition j'obſerve que la lame du reſſort doit être étroite, car plus elle ſera large, plus l'épaiſſiſſement des huiles aura de priſe, & par conſéquent plus les ſpires s'attacheront l'une ſur l'autre.

136. Pour le ſecond article, il faut, comme je le pratique, que le reſſort ne ſoit jamais dans un état forcé ; pour cet effet, il faut qu'il reſte au moins trois tours de reſte lorſque la fuſée eſt remontée tout au haut.

137. Enfin, pour remplir la troiſieme condition, cela dépend particulierement de l'acier que l'on emploie pour la fabrication du reſſort, & de la maniere dont il eſt trempé ; mais on parvient encore à empêcher qu'un reſſort ne ſe *rende*, quoiqu'il n'ait pas ces deux qualités au point qu'on le deſire; c'eſt lorſque le reſſort ne ſe trouve pas dans un état forcé.

Des épreuves ſervant à trouver la quantité de force motrice pour les arcs donnés que doit décrire le balancier.

138. La force motrice d'une Horloge à Longitude dépend de l'étendue des arcs que le balancier doit décrire pour que ces arcs étant un peu plus grands, ou un peu plus petits, ils ſoient cependant d'égale durée. Or cette force devient par là limitée par l'étendue des arcs propres à l'iſochroniſme. Pour déterminer la force motrice qui eſt requiſe dans une Horloge à Longitude à reſſort, je fais d'abord marcher l'Horloge avec différents poids, & ne fais aucun uſage pour cela, ni du reſſort, ni de la fuſée qui ne ſont pas même placés dans le mouvement, lors de ces épreuves. Pour donc

ſuppléer au reſſort, j'ajuſte ſur le quarré de la fuſée un cylindre portant un canon dont le trou quarré entre ſur le quarré de fuſée; ſur le cylindre eſt enveloppé une corde à boyau qui paſſe ſur une poulie de renvoi attachée au dehors du tambour de l'Horloge : cette corde ſert à y attacher différents poids, ſelon qu'il en eſt beſoin pour les divers arcs à faire décrire, pour parvenir à trouver le point iſochrone du ſpiral; le point trouvé, je calcule combien le balancier doit peſer pour que l'Horloge ſoit réglée, je diminue ou augmente en conſéquence le poids du balancier, & je régle l'Horloge ſans toucher au ſpiral; mais ſeulement par le poids du balancier & de ſes maſſes : je fais de nouveau marcher l'Horloge en ajoutant ou ôtant du poids moteur la quantité requiſe pour faire décrire au balancier les arcs par leſquels il a été reconnu que ſes vibrations inégales ſont iſochrones. J'ai donc alors la meſure de la force motrice, & je trouve par là quelle doit être la force du reſſort pour être égale au poids d'épreuve.

139. Pour n'être pas obligé d'employer un trop grand poids pour ces épreuves, j'ai fait le cylindre de 24 lignes de diametre y compris le demi-diamètre de la corde. Or comme le levier à égaliſer les fuſées eſt gradué pour une force diſtante de 48 lig. du centre, la peſanteur du poids moteur trouvée par les épreuves de l'Horloge ſera par conſéquent 4 fois plus grande qu'elle ne doit être avec le levier, puiſque le rayon du levier eſt quatre fois plus grand que celui du cylindre. Si donc le poids donné par les épreuves eſt de 36 onces avec le cylindre de 12 lig. de rayon, il ne ſera que de 9 onces avec le levier de 48 lig. de rayon.

140. La force du reſſort étant donnée, je fais exécuter le reſſort en conſéquence, & fais augmenter ou diminuer ſa force, ou changer le diamètre de la fuſée, juſqu'à ce qu'il *tire* avec le levier le nombre donné. De cette maniere, je ne ſuis point obligé de démonter le mouvement à pluſieurs fois : car pour amener le reſſort de la fuſée aux meſures données, on n'a beſoin que de la cage du rouage; du barillet; de la fuſée

& du lévier : au lieu qu'autrement on feroit obligé de démonter le mouvement à chaque fois qu'on auroit changé le reffort, opération longue & pénible.

141. J'emploie encore l'équipage du cylindre & de la poulie de renvoi, pour répéter les épreuves de l'ifochronifme, lorfque le grand reffort eft fait ; & que l'Horloge eft polie & remontée à demeure. Mais alors, je fais agir la corde du cylindre dans un fens oppofé à celui où tourne la fufée, afin de diminuer l'effort du reffort moteur, & de faire décrire de plus petits arcs que ceux qu'il produit naturellement. L'*équipage* dont nous venons de parler, eft repréfenté Planche VII, fig. 2 & 3, & décrit Chapitre XVIII.

De l'épreuve des refforts pour favoir fi, fans fe fervir de la fufée, ils ont la force convenable.

142. Un reffort moteur étant exécuté, on peut connoître s'il eft de force convenable fans employer la fufée, ni mettre le barillet en cage. Car en attachant l'arbre de barillet à l'étau, & attachant une corde à boyau à fa circonférence, & fufpendant des poids à la corde, jufqu'à ce que le reffort ayant un tour de bande, les poids foient en équilibre avec lui, on trouvera par le calcul quel devra être le diamètre de la fufée, pour que le levier à égalifer, foit d'équilibre avec le même reffort. Pour cet effet, on obfervera que, pour l'équilibre, les poids ou forces font en raifon inverfe des rayons ou leviers. Or le nombre de degrés du levier étant donné pour la force motrice de l'Horloge, on trouvera quel doit être le diametre de la fufée, pour que le levier foit en équilibre avec la force du reffort à un tour de bande?

PREMIER EXEMPLE.

143. Si donc un reffort ayant un tour de bande, fait équilibre à 46 onces, & que par les épreuves avec le poids

d'eſſai, le reſſort doive tirer 5 onces $\frac{1}{2}$ du levier de 48 lig. de rayon, on aura la proportion ſuivante.

46 onces : 5 onces $\frac{1}{2}$: : 48 : $x =$ 5 lig. $\frac{34}{46}$ qui ſera le rayon de la fuſée.

SECOND EXEMPLE.

144. Le diametre de la fuſée étant donné, ainſi que la force motrice qui doit être en équilibre avec le levier à fuſée, trouver quelle doit être la force du reſſort moteur à la circonférence du barillet.

145. Si le reſſort doit tirer 5 onces $\frac{1}{2}$ avec le levier à fuſée de 48 lig. de rayon, & que le diametre de la fuſée ſoit de 11 lig. $\frac{1}{2}$ = 5 lig. $\frac{3}{4}$ rayon. Pour trouver la force du reſſort à la circonférence du barillet, on aura la proportion

5 $\frac{3}{4}$ lig. rayon : 48 lig. rayon : : 5 $\frac{1}{2}$ onces : $x =$ 45 $\frac{21}{23}$ onces.

La force exercée à la circonférence du barillet, ou, ce qui revient au même, à la baſe de la fuſée, doit être de 45 onces $\frac{21}{23}$: c'eſt la quantité que tire en effet le reſſort de l'Horloge N° 31, pour laquelle ce calcul eſt fait.

146. On doit employer cette méthode, qui eſt ſûre & ſimple, & ſans être obligé de remonter le barillet & la fuſée, & de tâtonner, comme on fait, la force du reſſort, le diametre de la fuſée : & on peut faire exécuter par les faiſeurs de reſſorts, des reſſorts qui ſeront à coup ſûr de force, en leur indiquant le poids qui étant attaché à une corde placée à la circonférence du barillet faſſe équilibre avec le reſſort, lorſque celui-ci a un tour ou un demi-tour de bande.

147. Pour trouver la force du reſſort à la circonférence du barillet de l'Horloge N° 26, dont le levier à fuſée doit tirer 8 onces, la fuſée ayant 15 lig. de diametre, à la baſe : on fera la proportion.

7 $\frac{1}{2}$ lig. rayon : 48 lig. rayon : : 8 onces : $x =$ 51 $\frac{3}{15}$ onces.

D'où il ſuit que le reſſort de N° XXVI, doit tirer 51 onces $\frac{3}{15}$, à la circonférence du barillet.

TROISIEME EXEMPLE.

148. La force d'un reſſort moteur étant donnée à la circonférence du barillet, & le diametre de la fuſée étant auſſi donné, trouver combien ce reſſort tirera ſur le levier de 48 lig. de rayon, afin de régler d'après ces données les dimenſions du régulateur. Soit un reſſort qui, à demi tour de bande, faſſe équilibre avec 32 onces à la ciconférence du barillet, & dont la fuſée doive avoir 11 lig. de diametre = 5 lig. $\frac{1}{2}$ de rayon, on aura la proportion

48 lig. rayon : 5 $\frac{1}{2}$ lig. rayon : : 32 onces : $x = 3\frac{32}{48}$ onces.

$$\begin{array}{rl} 32 & \\ 5\frac{1}{2} & \\ \hline 160 & \\ 16 & \\ \hline 176 & \big| \; 48 \\ \underline{} & \overline{} \\ 32 & 3\frac{32}{48} \end{array}$$

Ainſi le levier à fuſée étant d'équilibre avec le reſſort moteur à $\frac{1}{2}$ tour de bande, marquera 3 degrés $\frac{2}{3}$, c'eſt-à-dire, que le reſſort *tirera* 3 onces $\frac{2}{3}$.

De la maniere de déterminer à coup ſûr le diamètre & la figure de la fuſée.

149. Pour trouver promptement & ſurement la figure d'une fuſée & ſon diametre, il faut employer une *fuſée d'eſſai.*

Méthode de calcul.

Si la fuſée d'eſſai a 10 lignes de diametre, & tire 8 onces, par exemple : pour qu'elle tire 6 onces, on fera la proportion, 8 : 6 : : 10 lig. : $x = \frac{60}{8} = 7$ lig. $\frac{1}{2}$ que la fuſée devra avoir de diametre.

Si le reſſort doit tirer 9 onces, & que la fuſée d'eſſai en donne 8, on fera la proportion.

$8 : 9 :: 10 : x = \frac{90}{8} = 11$ lig. $\frac{1}{4}$.

On trouvera de même les diametres du ſommet & de la baſe : & ſi la baſe de la fuſée a 12 lignes de diametre, & que le reſſort tire 7 onces $\frac{1}{2}$, & qu'il doive en tirer 8, on aura $7\frac{1}{2} : 8 :: 12 : x = 12$ lig. $\frac{8}{10}$:

Moyen d'affoiblir un grand reſſort trop fort, ſans en faire un autre, ni toucher à la fuſée.

150. Lorſque l'on a déterminé la quantité de force motrice, requiſe pour l'étendue des arcs de vibration qui ſont propres à l'iſochoniſme, il faut que cette force motrice ſoit exactement de la quantité donnée. J'ai déja dit que l'on peut arriver à ce point de préciſion par la fuſée ; mais j'ai fait uſage d'un moyen plus ſimple, lorſque le reſſort étoit trop fort : c'eſt le même que j'ai imaginé pour plier les reſſorts ſpiraux. *Traité des Horloges Marines*, N° 173 : c'eſt de bander le reſſort ſur l'outil à remonter les reſſorts, & de le faire chauffer en cet état forcé, afin que les ſpires ſe reſſerrent en forme de ſpiral : ce moyen m'a très-bien réuſſi. Voilà donc un troiſieme moyen de donner au reſſort moteur la force requiſe, quand il eſt trop fort, & ce moyen eſt préférable à celui de le faire affoiblir par le faiſeur de reſſorts ; il perd néceſſairement de ſa qualité.



CHAPITRE VI.

Horloge à Longitude, N° XXIV (a) *à reſſort, conſtruite à deſſein de ſuppléer les grandes Horloges à poids.*

151. LES Horloges Marines à poids Nos 8, 18 & 19, que j'ai exécutées pour le compte du Roi, ſont de très-bonnes machines; elles ont un régulateur puiſſant; les frottements & les réſiſtances des huiles ſont réduites à la plus petite quantité : les reſſorts ſpiraux réglants de ces machines, ſont iſochrones : Ces reſſorts ſont trempés pliés & d'une trempe parfaite, enſorte que leur force & leur élaſticité eſt conſtante ainſi que leur figure. Mais avec tous les avantages que j'ai réunis dans la conſtruction & dans l'exécution de ces machines, comme elles ſont à poids, leur volume eſt ſi grand que, dans les circonſtances actuelles de la guerre (en Mars 1780) toutes parfaites qu'elles ſont, il n'eſt pas poſſible d'en faire uſage, ſoit par la difficulté du tranſport par terre, ſoit parce que de ſi grandes machines peuvent être plus ſenſibles à l'effet de l'artillerie : ce ſont ces conſidérations qui m'ont engagé à conſtruire des Horloges à reſſort aſſez exactes pour ſuppléer les grandes Horloges à poids, & ſervir comme celles-ci à la rectification des Cartes, en faiſant uſage de la *Table compoſée des arcs & de la température*. Tel eſt l'objet que j'ai eu en vue dans la compoſition de l'Horloge N° XXIV dont nous allons traiter.

(*a*) Cette Horloge fut commencée en 1780, & terminée en 1782. Elle eſt actuellement aux Indes; elle a été embarquée en 1784, avec l'Horloge N° XXIII, ſur le Vaiſſeau commandé par M. le Comte de Roſily.

Des moyens de construction que j'ai employés dans l'Horloge N° XXIV, pour rendre cette machine plus parfaite.

152. 1°. En réduisant l'Horloge au plus petit volume, en conservant cependant un régulateur puissant.

153. 2°. En disposant le rouage de sorte que les roues & les pignons soient placés, autant qu'il est possible, à égale distance des pivots : moyen également utile pour égaliser les frottements & les réduire à la plus petite quantité, puisque par là les pivots peuvent être plus petits.

154. 3°. En donnant au pignon de minutes un plus grand diamètre, afin que les ailes ou dents soient assez solides pour ne pouvoir être cassées dans le cas où on remonteroit l'Horloge en *tournant à rebours*; par ce moyen on est dispensé d'employer la *clef à remontoir*, *employée dans* l'Horloge N° 8, *Traité des Horloges Marines*, page 574.

155. 4°. En plaçant sous tous les pivots inférieurs tant du rouage que du régulateur, des coquerets d'acier sur lesquels portent les bouts des pivots, afin d'éviter le frottement nuisible des portées qui souvent creusent les platines.

156. 5°. En recouvrant tous les trous supérieurs des pivots du rouage portés par la platine cadran, afin de garantir ces pivots de la poussiere.

157. 6°. En disposant de la maniere la plus sûre, l'échappement à vibrations libres, & en simplifiant cet échappement autant qu'il est possible. Pour cet effet, j'ai substitué un simple ressort à la palette, & en place de la détente, j'ai employé un simple ressort qui remplit l'effet de la détente : ensorte que j'ai supprimé deux ponts, deux tiges, & quatre pivots : cet échappement a déja été décrit, Chap. IV. n° *69*.

158. 7°. En rendant les effets de la compensation plus certains : pour cet effet, j'ai appliqué des rubis aux points de contact des leviers, parce que j'ai reconnu, par l'usage des Horloges

Horloges que les parties d'acier ſur leſquelles les bouts des vis agiſſoient s'étoient creuſées.

159. 8°. En diſpoſant une détente qui ſuſpend toute l'action des leviers de compenſation pendant le tranſport de l'Horloge ; car les points de contact ſouffroient dans le tranſport des Horloges par terre : cette détente ſoutient également le balancier, empêche que le reſſort de ſuſpenſion ne ſoit fatigué, & que le balancier ne puiſſe tourner.

160. 9°. J'ai appliqué à ces machines le compenſateur iſochrone (*a*) pour ramener les arcs à l'iſochroniſme, dans le cas où le ſpiral n'auroit pas rigoureuſement cette propriété.

161. 10°. Toute cette machine eſt tellement diſpoſée que l'on peut faire par ſon moyen uſage de la table des arcs avec autant de ſûreté qu'avec une Horloge à poids, ſoit par la perfection du rouage, engrenage, &c, que par la nature de ſon reſſort moteur égaliſé par la fuſée.

162. 11°. Pour rendre la compenſation plus ſûre j'ai réduits les frottements, en faiſant rouler les bouts des pivots inférieurs du levier & du pince-ſpiral ſur des coquerets d'acier.

163. 12°. J'ai diſpoſé tout ce qui concerne le régulateur dans une cage particuliere qui porte en même-tems la roue d'échappement, & l'échappement : le rouage, le moteur, & la fuſée ſont placés dans une cage ſéparée. Cette conſtruction eſt plus avantageuſe, parce que l'on peut travailler ſéparément à ces deux parties de l'Horloge.

164. 13°. La cage du régulateur eſt formée par quatre piliers d'acier, & le pont de ſuſpenſion du balancier eſt également d'acier, afin que les dilatations du reſſort de ſuſpenſion & de l'axe de balancier étant les mêmes que celle de la cage, le ſpiral reſte toujours dans ſon état de liberté. Un des piliers d'acier de la cage du régulateur ſe démonte pour placer le balancier dans la cage, laquelle reſte parfaitement ſolide, quoiqu'elle ſoit fendue juſques à ſon centre pour le paſſage de l'axe du balancier.

(*a*) Décrit ci-devant, Chapitre I.

Description de l'Horloge à Longitude, N° XXIV.

165. Cette Horloge eſt horiſontale : la force motrice eſt un reſſort égaliſé par une fuſée : le balancier eſt ſuſpendu par un reſſort, il eſt placé au centre des cages ; il fait deux vibrations par ſeconde, & l'aiguille bat les ſecondes ; l'échappement eſt à vibrations libres ; la compenſation du chaud à du froid eſt produite par un chaſſis.

Planche 1ere, fig. 1.

166. La figure 1 fait voir en profil le mouvement de l'Horloge ; le chaſſis & le méchaniſme de compenſation n'y ſont pas repréſentés, cette partie ayant ſuffiſamment été détaillée dans le *Traité des Horloges Marines.* Ce profil indique ſeulement la diſpoſition des cages & les élévations du rouage & du régulateur.

167. Ce mouvement eſt compoſé de quatre platines formant trois principales cages : la premiere, qui eſt la ſupérieure, eſt la cage du rouage : la ſeconde contient l'échappement ; la troiſieme contient le balancier & les rouleaux ; le deſſous de celle-ci porte le méchaniſme de compenſation. Outre ces trois cages, il y en a deux autres plus petites qui ſont compriſes dans la cage du régulateur : ce ſont les cages des rouleaux.

168. La premiere platine *A*, *A*, eſt la platine cadran ; elle porte quatre piliers de cuivre qui, aſſemblés avec la ſeconde platine *B B*, forment la cage du rouage ; *C* eſt la roue de fuſée qui engrene dans le pignon *a* de minute : la roue *C* porte à ſon centre un pignon *b*, *b*, qui mene la roue des heures *D*, dont le pivot prolongé *c* porte l'aiguille des heures. Entre le rochet auxiliaire *E*, porté par l'axe de la fuſée, & la roue *C* de fuſée, eſt placé le reſſort qui fait marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte. Nous n'avons pas développé ici ce méchaniſme qui a été ſuffiſamment détaillé,

Traité des Horloges Marines. (Voy. Planche XV, fig. 5, 6, 7, 8, & la description, no 811); le pignon *a* porte le pivot prolongé sur lequel est ajusté l'aiguille de minutes. La roue de minutes *F* engrène dans le pignon *e* de la roue moyenne *G*; celle-ci engrène dans le pignon *f*, dont le pivot prolongé *g* porte l'aiguille de secondes : la roue de secondes *H* engrène dans le pignon *h*, sur le bout de la tige duquel est fixée la roue d'échappement *I*; celle-ci communique son mouvement au cercle d'échappement *K*, fixé sur le bout de l'axe du balancier *L L*; le bout inférieur de cet axe porte le spiral.

169. Sur la quatrieme platine *N*, *N*, sont rivés trois piliers d'acier 1, 2, 3. Ces piliers portent par en haut chacun une double baze 2, 2, qui sert à recevoir la platine *O O* : & les portées 3, 3 appuient contre la platine *B*, *B*, pour lier par le moyen des pivots 4, 4, la cage du rouage avec celle du régulateur, de façon à pouvoir séparer ces cages l'une de l'autre sans rien démonter de ce que chacune d'elles contient.

170. Le pivot supérieur *i* de la roue d'échappement *I*, roule dans le trou d'un pont qui est attaché sur la platine *O*, *O* : ce pont n'est pas ici représenté, non plus que celui du ressort de suspension du balancier. Leur place est tracée sur le plan, fig. 2 : le dessous de la platine *B B* porte le pont *P* de la fusée.

171. La platine *Q*, *Q* porte trois piliers de cuivre qui s'assemblent avec la platine *N*, *N*, pour former la cage des trois rouleaux inférieurs 5, 6, 7, entre lesquels le pivot de l'axe de balancier roule; la platine *R*, *R*, porte de même trois piliers de cuivre qui s'assemblent avec la platine *O*, *O*, pour former la cage des trois rouleaux supérieurs 8, 9, 10; le pivot supérieur de l'axe de balancier tourne entre ces trois rouleaux; les ponts *l*, *m*, *n* reçoivent les pivots des rouleaux, afin d'égaliser les frottements en plaçant le rouleau à égale distance de ses pivots; *S* est le quarré de fusée.

172. Les figures 2 & 3 représentent le plan de l'Horloge tel qu'il doit être tracé sur une plaque de cuivre qui soit de la grandeur de la platine-cadran. Toutes les pieces quel-

conques de l'Horloge doivent être tracées sur les deux côtés de cette plaque.

173. *A, A*, figure 2, représente le dehors de la platine-cadran : *C* la roue de fusée ; *D* la roue des heures ; *b* le pignon qui la conduit, lequel pignon est rivé sur la roue *C* de fusée : *L* est le rochet d'encliquetage de la fusée : M le crochet de fusée : *N* le plot du garde-chaîne *d*, dont *g i* est le ressort : *P* est le cliquet du rochet auxiliaire de la fusée ; *a* le pignon de minutes, & *F* la roue ; *e* le pignon de roue moyenne, & *G* sa roue ; *H* la roue de secondes, *f* son pignon ; *I* la roue d'échappement, *h* son pignon, & *K* le cercle d'échappement : *O, O* est le barillet : *Q* est le cadran des heures, *R* celui des minutes, & *S* celui des secondes.

Effet de l'Echappement, & sa description.

174. *l m n* représente la *détente-ressort* d'échappement, laquelle porte en *n* un talon ou portion de cercle qui suspend l'action de la roue d'échappement *I*, pendant que le balancier va & revient librement sur lui-même : la *levée-ressort* *p x q*, fixée avec une vis sur le cercle d'échappement *K*, porte en *p* une cheville, qui agissant sur le bout *m* de la *détente-ressort*, dégage la roue pour qu'elle communique son action au balancier : pour cet effet, l'entaille *f* du cercle d'échappement se présente à une dent de la roue, & celle-ci lui donne son impulsion : le cercle d'échappement continue de tourner de *m* en *K*, ensuite il revient sur lui-même, & la cheville de la *levée-ressort p x* glisse sur le bout incliné du bras droit *m n* de la *détente-ressort*, parce que ce ressort *p* peut fléchir vers le centre *t* de l'axe du balancier ou du cercle *K*, mais il ne peut pas trop s'engager avec le bras de la détente *n m*, sa course étant bornée par la cheville *u* que porte le cercle *K* d'échappement : le talon *n* de la *détente-ressort* ne doit être engagé avec la pointe de la dent de la roue, que de la quantité nécessaire pour l'arrêter sûrement ; sa course doit être également bornée du côté de la roue

d'échappement par une cheville d'arrêt, de même qu'on le voit pour la *levée-reſſort*; cette cheville n'eſt pas ici repréſentée, mais on peut ſe la figurer portée par un petit pont qui doit être placé entre *m* & *n*.

175. *T h* eſt le pont de la roue d'échappement *I*; *V t* le pont de ſuſpenſion du balancier, & *Y t* le pont de précaution pour empêcher le balancier de remonter & de faire caſſer ſon reſſort de ſuſpenſion : 2 3 4 ſont les ponts des rouleaux ſupérieurs ; ces ponts ſont attachés ſur le deſſus de la troiſieme platine (*O*, *O*, fig. 1) : 5, 6, 7, 8 ſont les quatre piliers de la cage du rouage : *z z* eſt le bras de la détente placé en dehors de la platine-cadran pour arrêter le balancier : 9, 10, 11, 12 ſont les pivots des piliers d'acier de la cage du régulateur qui paſſent à la deuxieme platine (*B*, *B*, fig. 1.)

176. La fig. 3, repréſente le plan du régulateur & du méchaniſme de compenſation, ou la platine *N*, *N* (fig. 1) vue en dehors : *L*, *L* eſt le balancier ; *Q*, *Q* la platine inférieure des rouleaux : cette platine doit être graduée en deſſus en degrés du cercle pour voir l'étendue des vibrations du balancier ; *R*, *R* eſt la platine des rouleaux ſupérieurs : 5, 6, 7 ſont les rouleaux de la cage inférieure, & *l*, *m*, *n* leurs ponts. Les rouleaux de la cage ſupérieure ſont correſpondants à ceux-ci, mais ils ne peuvent être vus dans le plan, le profil, fig. 1, les indique : 9, 10, 11, 12 marquent la poſition des quatre piliers d'acier de la cage du régulateur ; & 13, 14, 15, celle des piliers des cages des rouleaux : 16, 17, 18, 19 marquent la poſition des pivots des quatre piliers de la cage du rouage.

177. *A B* fait voir le chaſſis de compenſation, & *C* le pont ſur lequel il eſt fixé : *a b c* le levier de compenſation ; *b* eſt ſon centre de mouvement ; *a* le petit levier portant la partie arrondie qui poſe ſur le bout du chaſſis, & *c* le bout du grand levier qui agit ſur la vis *f*, portée par la boîte du pince-ſpiral *d e f* : *D c* eſt le pont du pince-ſpiral, *e* la boîte du pince-ſpiral dont le bout eſt terminé en fente pour le paſſage du ſpiral. Je ne m'arrête pas aux divers

effets du méchanisme de compensation ; j'ai donné dans le *Traité des Horloges Marines* tous les détails de cette partie également développée dans les figures de cet Ouvrage : je dois être dispensé de les répéter ici.

178. *E F* est le piton du spiral portant quatre vis pour le caler ; *F* est la mâchoire qui fixe le bout extérieur du spiral : *g* la vis de pression qui le fixe à la platine : *g h* le ressort qui sert de virole, & dont l'effet est qu'en serrant la vis pour fixer le piton, la partie *g* du ressort ne fasse qu'appuyer sur le piton sans pouvoir le faire tourner : ce piton est vu en perspective, fig. 4.

179. La piece *G H i c*, représente la détente qui sert à arrêter le balancier pour le transport de l'Horloge, & en même-tems sert à arrêter le pince-spiral, de sorte qu'il ne puisse pas être cahoté : *G* est le centre de mouvement de la détente : *G H* le bras qui porte une cheville pour appuyer sur le balancier *L*, *L* en *p*, ce qui l'empêche de tourner : *G c* le bras qui souleve le balancier par son assiette pour préserver le ressort de suspension du balancier de toute secousse, & *G i* le bras qui appuie sur le grand bras du levier *b c* de compensation, pour arrêter le pince-spiral pendant le transport de l'Horloge.

Dimensions de l'Horloge à Longitude, N° XXIV.

180. Le tambour a 6 pouces de hauteur en dedans, son diametre 4 pouces 9 lignes.

Le diametre des platines 52 lignes, épaisseur 1 ligne ; les plus minces des grandes $\frac{11}{12}$.

La hauteur des piliers, cage, rouage, 15 lig.

Piliers d'acier, cage, régulateur, 20 lig. $\frac{1}{2}$.

Cage, balancier, 15 lig.

Le corps a de diametre, 4 lig. $\frac{8}{12}$.

Le deuxieme corps, 3 lig. $\frac{10}{12}$.

Pivots, 2 lig. $\frac{11}{12}$.

Piliers, cage, rouleaux, 4 lig. $\frac{1}{2}$ de haut.

181. La roue de fuſée 80 dents, diametre, 21 lig. $\frac{8}{12}$.

Le pignon de la roue de minutes a 20 dents & 5 lig. $\frac{\ }{12}$ de diametre.

Roue des heures 72, diametre, 19 lig. $\frac{2}{12}$.
Pignon de renvoi, 24 dents.
Diametre, 6 lig. $\frac{9}{12}$.
Roue de minutes 160, diametre, 19 lig. $\frac{1}{3}$.
Pignon de champ 20, diametre, 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$.
Roue de champ 150, diametre, 18 lig. $\frac{3}{24}$.
Pignon de ſecondes 20, diametre 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$.
Roue de ſecondes 120, diametre, 14 lig. $\frac{1}{2}$.
Pignon d'échappement 20, diametre, 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$.
Roue d'échappement, 10 dents.
Diametre, 9 lig. $\frac{8}{12}$.

Le barillet a 21 lig. de diametre en dedans, ſa hauteur 9 lig. $\frac{4}{12}$; le reſſort a 5 pieds 8 pouces de longueur, ſa largeur 8 lig $\frac{10}{12}$; épaiſſeur en dehors $\frac{39}{200}$, au dedans $\frac{30}{200}$: il fait 7 tours $\frac{1}{2}$, tire 8 onces à demi-tour de bande.

La fuſée fait 7 tours, la baſe à 15 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre, le ſommet 7 lig. $\frac{4}{12}$: elle a 6 lignes de haut.

Diametre des pivots.

182. Pivots de fuſée du quarré, 1 lig. $\frac{2}{12}$.
De minutes, $\frac{32}{48}$ lig.
De champ, $\frac{16}{48}$.
De ſecondes portant l'aiguille, $\frac{12}{48}$.
Roue d'échappement, $\frac{5}{48}$.
De détente, $\frac{4}{48}$;
Rouleaux, $\frac{8}{48}$.
Grand levier de compenſation, $\frac{30}{48}$.
Pince-ſpiral, $\frac{16}{48}$.

Longueur du chaſſis de compenſation, 51 lig.

Largeur, 28 lignes.

Groſſeur des tringles, 1 lig. $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$.

183. Spiral.

Fait 4 tours $\frac{1}{4}$.

Diametre, 9 lig. $\frac{10}{11}$.

Largeur, 2 lig. $\frac{9\frac{1}{2}}{12}$.

Épaiſſeur au dehors, $\frac{10}{200}$.

Le ſpiral tire 20 grains, à 5 degrés de la balance élaſtique.

Le balancier a 44 lignes de diametre, & peſe 2 onces.

Remarque ſur le rouage de N° XXIV.

En examinant la quantité de force motrice de n° XXIV, je vois que le rouage eſt plus grand que ne le requiert l'effort qu'il reçoit du moteur : car dans mes petites Horloges à Longitude, n° XXVII, &c. la force motrice eſt preſque auſſi grande que dans le n° XXIV, & cependant le rouage de celles-ci eſt beaucoup plus petit : or de petites roues ont deux avantages, 1° d'être d'une exécution plus facile, 2° d'être moins peſantes, & par conſéquent de cauſer moins de frottement. Voici les dimenſions d'un rouage pour n° XXIV, qui me paroît préférable à celui employé.

La roue de fuſée fera un tour en 5 heures, aura 16 lig. $\frac{1}{4}$ de diametre, & 100 dents. Le pignon de minutes, 20 dents & 3 lig. $\frac{3}{12}$ de diametre. Le pignon de renvoi porté par la roue de fuſée, 35 dents & 5 lig. $\frac{8}{12}$ de diametre.

Roue des heures 84 dents, & 13 lig. $\frac{8}{12}$ de diametre.

Roue de minutes 128 dents, & 15 $\frac{5}{12}$ de diametre; le pignon de roue moyenne, 16 dents & 2 lig. de diametre.

Roue moyenne 120, & 14 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre, le pignon de ſecondes, 16 dents, 2 lig. de diametre.

Roue de ſecondes 96 dents, 11 lig. $\frac{7}{12}$ de diametre ; pignon d'échappement 16, & 2 lig. de diametre.

Roue

Roue d'échappement, 10 dents & 9 lignes $\frac{1}{2}$ de diametre.

Le cercle d'échappement, 5 lig. $\frac{4}{12}$ de diametre.

CHAPITRE VII.

Horloge à Longitude, N° XXV.

184. CETTE Horloge eſt à reſſort réglé par une fuſée, le balancier bat les demi-ſecondes; l'aiguille bat les ſecondes: le balancier eſt placé au centre des cages, comme dans N° XXIV. Cette diſpoſition eſt des plus favorables, parce qu'elle réduit l'Horloge au plus petit volume; les heures, les minutes & les ſecondes ſont excentriques, & chaque diviſion a ſon cadran particulier.

185. La roue de fuſée, le barillet, les roues des heures, des minutes & des ſecondes, ſont placées dans une cage particuliere, que j'appelle *cage du rouage.*

186. Le balancier & les rouleaux ſont placés dans une autre cage, que j'appelle *cage du régulateur*: ſur le deſſus de cette cage, eſt placée la roue d'échappement, & toute la partie de l'échappement. Les piliers de la cage du régulateur ſont prolongés pour aller s'aſſembler avec la cage du rouage, & former entre ces deux cages un eſpace convenable pour y loger l'échappement; l'axe & le pignon de la roue d'échappement paſſe, ainſi que ſon pont, dans la cage du rouage, pour aller gagner la roue de ſecondes qui engrene dans le pignon d'échappement.

187. Le deſſous de la cage du régulateur porte.

Le ſpiral placé en dehors des rouleaux; le piton qui fixe à la platine le bout extérieur du ſpiral; le pince-ſpiral & ſon pont; le chaſſis de compenſation, & le grand levier; & en général, tout ce qui forme la compenſation.

188. Le dedans de la cage du régulateur contient le balancier placé entre les cages particulieres des rouleaux : le dedans de chaque platine du régulateur forme, avec une autre petite platine, la cage des rouleaux.

189. L'Horloge eſt donc compoſée de deux grandes cages : celle du rouage & celle du régulateur, formant 4 platines de même grandeur ; & de deux autres petites cages qui contiennent les rouleaux. Le bord de la platine inférieure de la cage des rouleaux eſt gradué en degrés de cercle, afin qu'au moyen de l'index porté par le balancier, on puiſſe eſtimer exactement dans tous les tems, l'étendue des vibrations de ce régulateur. La platine ſupérieure des rouleaux doit être plus petite que le champ du balancier, afin qu'en mettant des maſſes ſur la partie ſupérieure de ce champ, ces maſſes ne puiſſent toucher à la platine. La cage du régulateur eſt aſſemblée par quatre piliers d'acier, dont l'un ſe démonte pour le paſſage du balancier : ainſi, quoique ces platines ſoient fendues pour ce paſſage, la cage demeure parfaitement ſolide.

190. La conſtruction de l'Horloge, N° XXV, dont nous venons de donner une notion, eſt parfaitement pareille à celle de N° XXIV, décrite dans le Chapitre précédent ; ces deux machines ne different entr'elles que par les dimenſions, c'eſt par cette raiſon que j'ai pu me diſpenſer de la faire graver : nous nous contenterons de donner toutes les dimenſions de N° XXV ; & avec ce ſecours, on pourroit l'exécuter d'après le plan de N° XXIV.

Cette Horloge N° XXV fut commencée en 1781, & terminée en 1782 : elle eſt actuellement en mer avec M. de la Pérouſe.

Dimenſions des parties principales de l'Horloge à Longitude, N° XXV.

191. La hauteur du tambour qui contient l'Horloge, eſt de 4 pouces 10 lignes en dedans, depuis le bord de la batte

qui reçoit la platine des piliers du rouage ; le diametre du tambour en dedans eſt de 3 pouces 8 lignes.

Le point de ſuſpenſion du tambour eſt à la hauteur même du balancier.

192. Les quatre platines qui forment les cages du rouage & du régulateur, ſont toutes du même diametre, qui eſt de 42 lig. $\frac{1}{4}$. Leur épaiſſeur o lig. $\frac{10}{12}$, la platine inférieure des rouleaux a 39 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre ; ſon épaiſſeur o lig. $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$.

La platine ſupérieure des rouleaux a 31 lig. de diametre ; ſon épaiſſeur o lig. $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$.

193. La hauteur des piliers de la cage du rouage, eſt de 14 lignes; la groſſeur du corps, 3 lig. $\frac{2}{12}$, celle de l'aſſiette 4 lig. pivots 2 lig. $\frac{4}{22}$.

194. La hauteur des piliers d'acier de la cage du régulateur eſt de 12 lignes.

Le pivot prolongé de ces piliers, a 4 lignes, tant pour l'épaiſſeur de la platine, que pour former l'intervalle entre la cage du rouage, & celle du régulateur, pour loger l'échappement, &c : cet intervalle eſt de 3 lig. $\frac{2}{12}$.

Le corps des piliers d'acier, eſt de 3 lig. $\frac{2}{22}$; la partie prolongée pour la ſeconde cage, eſt de 2 lig. $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$.

Les pivots 2 lig. $\frac{1}{12}$.

Hauteur des piliers des cages, rouleaux, 3 lig. $\frac{3}{4}$; diametre du corps, 2 lig. $\frac{10}{12}$, aſſiette 4 lignes, pivot 2 lig.

195. La roue de fuſée eſt de 80 dents, ſon diametre 12 lig. $\frac{9}{12}$, épaiſſeur $\frac{28}{48}$; le rochet auxiliaire de la fuſée a 12 lig. $\frac{9}{12}$, de diametre eſt 72 dents, épaiſſeur, $\frac{23}{48}$.

Le rochet d'encliquetage de la fuſée a 41 dents, diametre 9 lig. $\frac{2}{12}$.

Le rochet d'encliquetage du barillet a 45 dents, & 14 lig. $\frac{2}{12}$ de diametre.

Le pignon de renvoi des heures ſur lequel eſt rivée la roue de fuſée a 24 dents, & 4 lig. $\frac{1}{12}$ de diametre : longueur totale du pignon avec le canon formé, 2 lig. $\frac{10}{12}$,

épaiſſeur du pignon 1 lig. $\frac{1\frac{1}{2}}{12}$; groſſeur de la partie formant le canon de rivure, 2 lig. $\frac{10}{12}$; groſſeur du canon au-deſſous de la rivure 2 lig. $\frac{2\frac{1}{2}}{12}$; groſſeur du trou du pignon par le plus grand côté, 1 lig. $\frac{7}{12}$; pivots de fuſée, 1 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$; épaiſſeur des cadrans, $\frac{23}{48}$.

196. La roue des heures a 72 dents, ſon diametre 11 lig. $\frac{7}{12}$, épaiſſeur, $\frac{15}{48}$.

197. La roue de minute a 128 dents (& le pignon de ſon axe 20 dents,) ſon diametre 13 lig. $\frac{2}{12}$, épaiſſeur de la roue, $\frac{19\frac{1}{2}}{48}$ lig.

198. La roue de champ a 120 dents, ſon diametre 12 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$, épaiſſeur $\frac{15}{48}$.

199. Roue de ſecondes 96 dents ; diametre 10 lignes, épaiſſeur $\frac{10}{48}$.

200. Roue d'échappement a 10 dents ; diametre 9 lig. $\frac{1}{2}$, épaiſſeur, $\frac{8}{48}$.

201 La plaque d'échappement eſt d'acier, ſa grandeur toute finie eſt de 5 lig. $\frac{4}{12}$, épaiſſeur $\frac{20}{48}$.

202. La palette d'échappement a de longueur 1 lig. pris du centre à celui de la cheville.

203. La détente d'échappement porte deux bras, l'un droit ſur lequel agit la cheville de la palette pour laiſſer à la roue la liberté d'agir ſur la plaque d'échappement ; l'autre qui porte un talon ſur lequel appuie une dent de la roue pendant que le balancier acheve ſa vibration librement : chaque bras de la détente a 3 lig. de long pris du centre.

L'épaiſſeur de la détente eſt de $\frac{16}{48}$.

Sa largeur $\frac{17}{48}$; le centre ſur lequel la tige s'ajuſte a 1 lig. $\frac{4}{12}$.

La tige de la détente a $\frac{18}{48}$ de diametre.

Sa hauteur ſans les pivots, 3 lig. $\frac{4}{12}$.

La détente porte au centre en deſſous une tetine pour

former un canon d'ajuſtement pour la tige ; ce canon a autant d'épaiſſeur que la détente : ainſi l'ajuſtement eſt de $\frac{32}{48}$.

La détente toute finie peſe avec ſa tige 2 grains $\frac{1}{2}$.

204. La levée de l'échappement eſt de 60 degrés.

205. Le pignon de la roue de minutes a 20 dents & 3 lig. $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$ de diametre ; ſon épaiſſeur 1 lig. $\frac{4}{12}$; le trou du pignon pour s'ajuſter ſur le tigeron $\frac{11\frac{1}{2}}{12}$.

La tige de minutes a 1 lig. $\frac{2}{12}$ de diametre ; le tigeron ſur lequel le pignon s'ajuſte & eſt chaſſé à o lig. $\frac{11\frac{1}{2}}{12}$.

Les pivots de minute ont o lig. $\frac{28}{48}$ de groſſeur.

206. Le pignon de champ a 16 dents, ſon diametre 1 lig. $\frac{8}{12}$, épaiſſeur o lig. $\frac{10}{12}$; la tige de ce pignon a o lig. $\frac{10}{12}$ de diametre ; le tigeron ſur lequel le trou du pignon entre à force a $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$ lig. de diametre ; ſes pivots ont $\frac{13}{48}$ de diametre.

207. Le pignon de ſecondes a 16 dents, diametre 1 lig. $\frac{8}{12}$, épaiſſeur $\frac{10}{12}$; ſa tige a $\frac{9\frac{1}{2}}{12}$, ſon tigeron $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$, ſes pivots $\frac{11}{48}$.

208. Le pignon d'échappement a 16 dents, ſon diametre 1 lig. $\frac{8}{12}$, épaiſſeur $\frac{8}{12}$, ſa tige $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$, ainſi que ſon tigeron ; ſes pivots, $\frac{4\frac{1}{2}}{48}$.

Pivots de la détente $\frac{4}{48}$; de la palette $\frac{3}{48}$.

209. Les rouleaux ont 18 lig. $\frac{1}{12}$ de diametre, épaiſſeur $\frac{16}{48}$; groſſeur des tiges $\frac{10\frac{1}{2}}{12}$, les pivots $\frac{6\frac{1}{2}}{48}$: les pivots de balancier $\frac{20}{48}$.

210. Pivot du grand levier de compenſation $\frac{18}{48}$; ſa tige, 1 lig. $\frac{8}{12}$.

Pivot du pince-ſpiral, $\frac{11}{48}$.

Les quarrés ont de groſſeur $\frac{30}{48}$.

Hauteur de la tige, 6 lig.

211. Le pont de ſuſpenſion du balancier eſt d'acier, ſa hauteur totale eſt de 21 lignes : ſa largeur 3 lig. $\frac{1}{2}$, épaiſſeur, 1 lig. $\frac{8}{12}$.

212. Le piton de ſpiral eſt en acier trempé, il porte 4 vis pour le caler; ſa longueur 7 lignes; ſa largeur 3 lig. $\frac{9}{12}$, épaiſſeur de la patte, $\frac{8}{12}$.

213. Le chaſſis de compenſation a 41 lig. de longueur, largeur 21 lignes, groſſeur des tringles 1 lig. $\frac{2}{12}$.

Le chaſſis doit être élevé de 2 lig. $\frac{1}{3}$ au-deſſus de la platine, afin que le piton du ſpiral paſſe deſſous ſans toucher à ces tringles; ce piton a 2 lig. d'élévation au-deſſus de la platine.

Le pont du chaſſis a de hauteur 23 lig. $\frac{1}{4}$ ſous le talon du pivot.

214. Le point de contact du petit bras du grand levier qui agit ſur le chaſſis, eſt diſtant du centre de ce levier de 2 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$: le contact du grand bras du grand levier eſt diſtant du centre du pince-ſpiral, d'environ 1 lig. $\frac{1}{4}$: ces points de contact ſont formés par deux rubis.

215. Le balancier a 36 lig. de diametre, peſe tout fini, l'Horloge étant réglée, 11 gros 7 grains avec l'axe; ſans l'axe, 10 gros 6 grains; l'épaiſſeur du champ 1 lig. $\frac{7\frac{1}{2}}{12}$.

Largeur de champ du balancier, à l'endroit des maſſes, 2 lig. $\frac{10\frac{1}{2}}{12}$; dans l'intervalle des maſſes, ſa largeur eſt de 2 lig.

Largeur du centre 5 lig. $\frac{8}{12}$, épaiſſeur des croiſées, $\frac{8}{12}$; groſſeur du trou, 3 lig.

216. Le ſpiral fait quatre tours $\frac{1}{2}$, en tout; ſon diametre 7 lig. $\frac{4}{12}$.

Largeur 1 lig. $\frac{7}{12}$, épaiſſeur au dehors, $\frac{15}{200}$ lig.

Groſſeur de l'axe du balancier, 1 lig.

Pivot de balancier, $\frac{20}{48}$.

217. Le barillet a 19 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre en dedans; ſa hauteur 8 lig. $\frac{8}{12}$ en dedans.

Le reſſort a 8 lig. $\frac{4}{12}$ de largeur.

CHAPITRE VIII.

Horloge N° 4 à reſſort.

218. CETTE Horloge eſt à reſſort égaliſé par une fuſée : le balancier ſuſpendu par un reſſort, fait quatre vibrations par ſeconde; l'échappement eſt à vibrations libres ; ainſi l'aiguille des ſecondes bat les demi-ſecondes : la compenſation du chaud & du froid eſt produite par un chaſſis comme dans les grandes Horloges décrites *Traité des Horloges Marines*. Cette Horloge fut conſtruite en 1773. J'en exécutai quatre ſur le même plan, elles furent terminées en 1775 : je remis celle n° 4 en 1776 à M. le Chevalier de Borda ; par ordre du Miniſtre de la Marine ; ces quatre Horloges ſont n°s 2, 3, 4 & 5, à reſſort; elles appartiennent au Roi.

219. J'avois appliqué le compenſateur iſochrone à celle n° 2 : voici une notion de la maniere dont ce méchaniſme étoit appliqué. Sur une plaque ou petit cercle qui étoit attaché, au bout de la virole de ſpiral étoit placée une poulie à double rainure, laquelle pouvoit être rendue plus ou moins excentrique à l'axe du balancier, au moyen de deux vis qui la fixoient ſur la plaque : chaque rainure portoit un fil de *pite* dont le bout étoit attaché à un reſſort. Ces deux reſſorts agiſſoient en ſens contraires & produiſoient la correction de l'iſochroniſme : on pouvoit en augmenter ou diminuer l'effet par le plus ou moins d'excentricité de la poulie, ou par le plus ou moins de bande des reſſorts. Je ſupprimai par la ſuite ce méchaniſme qui devint inutile, parce que le ſpiral fut jugé lui-même iſochrone ; d'ailleurs je craignois que les fils de pite ne vinſſent à changer de longueur : voy. Chapitre I, pag. 2, note (*b*).

Description de l'Horloge N° 4, Planche II, fig. 1 & 2.

220. Le mouvement de cette Horloge eſt compoſé de deux grandes platines qui forment la cage du rouage, & de quatre petites platines qui forment les cages du balancier, des rouleaux & de l'échappement : la diſpoſition de ces cages eſt la même que dans l'Horloge n° XXIV, Planche I, fig. 1, décrite Chap. VI.

221. *A A*, Planche II, fig. 1, eſt la platine-cadran; elle porte quatre piliers 1, 2, 3, 4, qui s'aſſemblent avec la platine *B B*, (fig. 2,). Cette premiere cage contient le rouage; *C*, eſt le barillet; *D*, la roue des heures, laquelle engrene dans le pignon de renvoi *a*, porté par la roue de fuſée *E*; celle-ci engrene dans le pignon *b* de minutes; la roue *F* de minutes engrene dans le pignon *c*; celui-ci porte la roue moyenne *G*; cette roue *G* engrene dans le pignon *d* de ſecondes, lequel porte la roue *H* qui engrene dans le pignon *e* d'échappement; la roue *I* d'échappement eſt portée par le pignon *e*: elle communique l'impulſion qu'elle reçoit du moteur au cercle *f* d'échappement; le *levée-reſſort* *g h i* eſt attaché par une vis & 2 pieds au cercle *f*; la partie *i* de ce reſſort ſert à élever le bras droit *l* de la détente d'échappement, *l n m* mobile en *n* ſur les deux pivots entre le pont *L* & la platine; *o* eſt le reſſort de la détente : nous ne répétons pas ici les effets de cet échappement décrits ci-devant Chap. IV, n[os] 69 72 = 89, &c. voy. auſſi *Traité des Horloges Marines*, n° 970 & ſuivant.

222. *Z* eſt le pont de ſuſpenſion du balancier, *N* celui de la roue d'échappement *I*: les ponts, *O P V* ſont ceux des rouleaux portés par la petite platine du Régulateur, laquelle porte en même-temps l'échappement : cette platine eſt ponctuée & repréſentée par *R S T*; 5, 6, 7 ſont les pivots des piliers à double baſe de la cage du régulateur; 8, 9, 10 les piliers des cages des rouleaux; *V* eſt le plôt du

du garde chaîne porté par le dedans de la deuxieme platine du rouage, *X* le crochet de fusée, & *V X* le garde-chaîne; *Y* représente le cadran des heures, *M* celui des minutes, & *Q* celui des secondes.

223. *BB*, fig. 2, représente le dehors de la deuxieme platine du rouage sur laquelle est tracé tout ce qui concerne le méchanisme de compensation & le Régulateur; 1, 2, 3, 4 sont les pivots des piliers de la cage du rouage; 5, 6, 7 les trois piliers à double base de la cage du Régulateur, & 8, 9, 10 les piliers des cages des rouleaux; *CDE* sont les rouleaux; *c d e* les ponts des rouleaux: *F G H* la platine des piliers de la cage du Régulateur fendue en *I*, pour démonter le balancier: *K* le pont du chassis de compensation; *L M* le chassis; *f g h* le levier de compensation, mobile en *g*: le petit bras, *g f*, agit sur le bout du chassis, & le grand bras, *g h*, sur la vis de la boîte *i*, portée par le bras *n l* du pince-spiral *l n m*, dont l'axe *n* est mis en cage dans le double pont *N n*: le bras *n m* du pince-spiral porte la boîte *o* dans la fente de laquelle passe le spiral *p q*: *P* est le piton de spiral portant quatre vis, *r s t u*, pour le caler.

224. Les dimensions du rouage & les nombres des roues & des pignons sont les mêmes que dans l'Horloge n° XXIV voyez ci-devant n° 181. La roue d'échappement seule differe; car dans cette Horloge n° 4 le balancier fait 14400 vibrations par heure, ainsi la roue d'échappement a 20 dents, & 11 lig. $\frac{8}{12}$ de diametre: le cercle d'échappement, tel qu'il est marqué en *f*, fig. 1.

Remarque sur cette Horloge.

225. La construction de cette Horloge me paroît encore actuellement très-bonne; & étant bien exécutées de telles machines doivent avoir une justesse à peu-près égale à celle des grandes Horloges; car le balancier a une force de mouvement presque aussi grande que celui de l'Horloge à poids

no 8, que j'emploie toujours pour terme de comparaiſon : le balancier du n° 4 ayant des vibrations promptes, 4 par ſeconde, devient par-là moins ſuſceptible des agitations du vaiſſeau : l'uſage que M. le Chevalier de Borda a fait du n° 4, dans la campagne de 1776, confirme ce que je viens de dire de cette conſtruction.

CHAPITRE IX.

Principes de conſtruction des petites Horloges à Longitude portatives, dont le balancier ſuſpendu par un reſſort, fait ſix vibrations par ſeconde. Et deſcription de l'Horloge à Longitude, N° 1. de cette eſpèce.

226. LES grandes Horloges à poids, ſi utiles dans les voyages qui ont pour but la rectification des cartes marines, pourroient également ſervir à tous les uſages de la navigation, ſi on pouvoit avoir dans chaque Port, des Artiſtes capables de les entretenir ; mais comme de tels Artiſtes ſont fort rares, & reſtent plus volontiers dans la Capitale, ces Horloges ne peuvent pas devenir d'un uſage général : car ces machines ſont d'un tranſport difficile par terre, à cauſe de leur grand volume, & elles ſont par-là même expoſées à divers accidents : d'ailleurs les Horloges à poids ſont d'un trop grand prix. Ce ſont ces difficultés qui, dès le premiers tems de mes recherches ſur cette matiere, me déterminerent à réduire, autant qu'il étoit poſſible, ces machines, au plus petit volume : & telle étoit ma premiere Montre Marine, déſignée par N° 3, laquelle fut éprouvée à Breſt, en 1764 (*a*) : cette Montre, toute imparfaite que je la con-

(*a*) Voy. *Traité des Horloges Marines*, la conſtruction de cette Montre N° 556, repréſentée Planche VIII, du même rage.

noiſſois du côté de l'exécution, a cependant eu encore aſſez de ſuccès, pour m'aſſurer qu'en rectifiant quelques parties de ſa conſtruction, & ſur-tout qu'étant exécutée avec plus de perfection, elle rempliroit les uſages les plus eſſentiels pour la navigation : c'eſt d'après les obſervations que je viens de préſenter, que j'ai travaillé à l'exécution de la petite Horloge N° 1. Je vais expoſer ici les principes qui ont ſervi de baſe à ſa conſtruction, & à ſon exécution.

Propoſition ſur l'iſochroniſme des vibrations du balancier.

Un ſpiral iſochrone étant appliqué au balancier, ne conſerve cette propriété que pendant que les huiles ſont fluides, & que les frottemens reſtent conſtants.

227. Si l'on pouvoit réduire à un état parfaitement conſtant les frottemens & les réſiſtances des huiles des pivots du balancier, il eſt évident que l'iſochroniſme des vibrations par le ſpiral étant une fois donné, cet iſochroniſme ſe conſerveroit toujours le même, quoique les arcs d'écrits par le balancier changeaſſent d'étendue par d'autres cauſes ; & par une ſuite de cette ſuppoſition, la compenſation du chaud & du froid une fois donnée, demeureroit conſtante. Mais cet état de perfection que nous ſuppoſons dans le régulateur, ne peut rigoureuſement avoir lieu; enſorte qu'il arrive que les oſcillations d'inégale étendue étant iſochrones, au moment où la machine eſt nouvellement remontée, & que les huiles ſont fraîches, ces oſcillations ceſſeront d'être iſochrones, dès que les huiles ſeront épaîſſies, & les frottements augmentés :car ces huiles, ainſi épaiſſies, ralentiſſent les vibrations du balancier. (Eſſai ſur l'Horlogerie N° 1881, & *Traité des Horloges Marines* N° 271). L'augmentation dans les frottements & dans les réſiſtances des huiles, affecte également la compenſation du chaud & du froid, la-

quelle n'eſt plus la même, lorſque les huiles ſont épaiſſies.

228. Les effets très-certains que nous venons d'établir, ſont les plus grands obſtacles à la juſteſſe conſtante des machines qui meſurent le temps, & dont le Régulateur eſt un balancier : & ces effets ſont beaucoup plus ſenſibles dans les Montres de poche, parce que le balancier eſt petit & léger, & que ſes pivots, qui roulent dans des trous, éprouvent beaucoup de frottement & de réſiſtance de la part des huiles; mais ces effets ſont infiniment plus petits dans les Horloges à Longitude bien conſtruites : car ici le balancier a une grande puiſſance, & les frottements de ſes pivots ſont réduits à la plus petite quantité, au moyen des rouleaux.

C'eſt d'après les principes que je viens d'énoncer, que je me ſuis déterminé à employer des rouleaux dans mes petites Horloges à Longitude, ainſi qu'à ma premiere Montre à Longitude portative.

ARTICLE I.

Principes de conſtruction des petites Horloges à Longitude.

229. LES Montres à Longitude, qui doivent ſervir en tems de guerre, pour ſoutenir ſans dérangement les ſecouſſes & commotions de l'Artillerie des vaiſſeaux, & à terre, les cahotages de la voiture, doivent être d'une nature différente des *Horloges Marines* : les Montres à Longitude pour remplir les vues que je me ſuis propoſées, doivent être plus approchantes de la nature des Montres de poche ; comme celles-ci, elles doivent ſupporter ſans dérangement des mouvements violents & irréguliers de toute eſpece : & telles ſont en effet les propriétés des bonnes Montres de poche, que les mouvements les plus violents du cheval & de la voiture ne les font pas varier, parce que le balancier, Régulateur de ces machines eſt petit & léger, & fait des vibrations promptes. Car les écarts des Montres viennent uniquement des chan-

gemens qui ont lieu par les frottemens des pivots, par les résistances des huiles, & les changemens qui arrivent dans les huiles, par le chaud & le froid, &c. (Voy. ci-après seconde Partie, Chapitre I, les causes de variations des Montres de poche).

230. Pour construire donc une excellente Montre à Longitude, il faut s'appliquer à détruire les vices des Montres.

231. 1° En conservant les propriétés du balancier d'une bonne Montre de poche, sçavoir, d'être petit, léger, de faire des vibrations promptes, & de décrire de grands arcs; mais pour en faire un vrai Régulateur, il faut que le balancier de la Montre à Longitude, ait cependant une plus grande force de mouvement, dont nous établirons les limites appuyées par l'expérience.

232. 2° Le régulateur d'une Montre à Longitude doit donc être à peu-près de la nature de celui d'une bonne Montre de poche; mais je dois observer que, dès lors, un tel régulateur a beaucoup plus de frottement, & éprouve plus de résistance de la part des huiles, &c, que celui qui fait des vibrations lentes, & a une grande force de mouvement : ensorte que la justesse de la Montre ne peut pas être réputée constante, à cause de ces effets. Pour construire donc une excellente Montre à Longitude terrestre, & marine, il faut employer tout l'art possible, tant du côté des principes, que de celui de l'exécution, pour dépouiller le Régulateur des frottemens & des résistances des huiles qui ont lieu dans les Montres de poche.

233. 3° Le balancier doit être horisontal, & suspendu par un ressort (*a*), ce qui rend les frottemens plus petits & plus constants.

234. 4° Les pivots du balancier, au lieu de tourner dans des trous comme dans les Montres, doivent tourner entre 6

(*a*) Il seroit peut-être préférable dans une telle machine, de diminuer la puissance du Régulateur, & de faire rouler le pivot sur la pointe, comme je l'avois fait dans ma premiere Montre Marine, & c'est ce que j'ai tenté depuis dans la petite Horloge N° 36. Voy. ci-après, Chapitre XI.

rouleaux ; c'eſt un ſecond moyen de réduire les frottemens & les réſiſtances des huiles du Régulateur à la plus petite quantité.

235. 5° L'échappement doit être de nature à éprouver les plus petits frottemens poſſibles ; tel eſt l'échappement à vibrations libres, que j'ai compoſé & adapté à mes Horloges à Longitude.

236. 6° Le ſpiral doit être trempé, plié comme ceux de mes Horloges, afin que ſa force & ſa figure ſoient inaltérables.

237. 7° Le ſpiral doit être iſochrone, & c'eſt une des conditions la plus eſſentielle d'une telle machine ; car le ſpiral ayant cette propriété, la marche de la Montre ſera conſtamment la même, malgré les changemens dans les frottemens, les inégalités de la force motrice, les cahotages de la voiture, &c. Ce ſont toutes ces cauſes qui font varier l'étendue des vibrations. Voy. Chapitre II les moyens d'arriver à ce degré de préciſion, & d'exécuter les reſſorts ſpiraux.

938. 8° Pour ſuppléer d'une façon encore plus ſûre à ce qui pourroit manquer à l'iſochroniſme des vibrations d'inégale étendue, le meilleur moyen ſeroit de faire uſage du Compenſateur iſochrone, voy. Chap. I.

239. 9° Il faut que les effets du chaud & du froid, ſur le Régulateur, ſoient corrigés par un méchaniſme de compenſation, comme je le pratique dans mes Horloges à Longitude.

240. 10° Le méchaniſme de compenſation doit avoir toute la ſolidité convenable pour la Montre : il faut que le pince-ſpiral ſoit cependant le plus léger poſſible, & le reſſort qui le preſſe, très-foible, & que les points de contact du méchaniſme de compenſation, ſe faſſent ſur des rubis parfaitement polis, enſorte que, dans tous les temps, les effets de la compenſation ſoyent inaltérables (*a*).

(*a*) Voy. ci-après, Chap. XIX, la maniere de conduire le méchaniſme de compenſation à ſon plus grand degré de perfection.

241. 11° La force motrice doit être un reſſort, dont l'action ſoit rendue parfaitement conſtante, au moyen de la fuſée, & il faut que le reſſort ſoit fait de maniere à ne pas perdre de ſa force, & qu'il ait le moins de frottement poſſible.

242. 12° Que les pivots du rouage ſoient les plus petits que comporte la preſſion qu'ils éprouveront : les roues les plus petites & les plus légeres, & relativement à la puiſſance du moteur.

243. 13° Les pivots des rouleaux doivent être les plus petits poſſibles, & proportionnés à la puiſſance du Régulateur, les rouleaux légers, &c.

244. 14° Tous les pivots inférieurs, tant du rouage, que du Régulateur, doivent rouler ſur des coquerets d'acier trempés dur, afin d'éviter les frottemens des portées, leſquels ſont de nature très-nuiſible.

245. 15° Que la Montre ſoit maintenue à la mer, dans la poſition horiſontale, au moyen d'une ſuſpenſion pareille à celle de mes Horloges.

246. 16° Enfin, que même dans la voiture, la Montre ſoit maintenue, autant qu'il eſt poſſible, dans la poſition horiſontale; mais ici la ſuſpenſion ne doit pas agir, & ne peut ſervir, le tambour doit être rendu fixe.

Je n'entrerai pas dans de plus grands détails ſur les principes qui doivent ſervir de baſe à la conſtruction des petites Horloges ou Montres à Longitudes : ces principes n'étant d'ailleurs que l'application de la théorie que j'ai établi (*a*) ſur les Régulateurs des Montres portatives, & des Horloges à Longitudes. *Eſſai ſur l'Horlogerie*, Chap. XXVIII, XXIX & XXX, ſeconde Partie: & dans le *Traité des Horloges Marines*, Chap. IV, (*b*) premiere Partie, Chap. V, (*c*) ſeconde Partie, &c. On peut recourir à ces deux Ouvrages, pour tout ce qui concerne la théorie de ces machines.

(*a*) N° 1825 & ſuivant, 1880 : 1894, &c.
(*b*) N° 72 100 : 112 : 128 : 141, &c.
(*c*) N° 560 : 56. : 1002, &c.

ARTICLE II.

Construction de la petite Horloge à Longitude, N° 1.

247. MA premiere *Montre Marine*, éprouvée à Brest en 1764, avoit été construite à dessein de servir à donner la Longitude à la mer, & à terre, étant transportée dans une voiture, (Voy. *Traité des Horloges Marines* N° 556) : & cette machine a assez bien rempli mes vues. La nature de sa construction, & l'exécution même, laissoient cependant beaucoup encore à desirer : aussi, peu après les diverses épreuves qu'on a faites de cette machine, me suis-je occupé de la composition d'une nouvelle Montre à Longitude, propre à servir à terre, transportée dans une voiture, & par-là même en état de soutenir à la mer non-seulement les agitations du vaisseau, mais plus particulierement les commotions de l'artillerie, & à servir d'Horloge astronomique à terre, placée sur une table, ou sur une cheminée. Tel a été l'objet de la composition de ma Montre à Longitude N° 1, dont le plan & l'exécution datent de 1777, machine qui appartient au Roi, & qui a servi en 1780 & 1781, dans l'Escadre de M. le Chevalier de Ternay; elle a servi, en 1784, à M. le Comte de Chasteney-Puiségur, dans la campagne qu'il a faite à Saint-Domingue, pour lever la carte de cette île & de ses débouquemens.

248. Le balancier de la Montre à Longitude fait 6 vibrations par seconde = 21600 par heure, a 24 lignes de diametre, & décrit 240 degrés le ressort spiral est trempé : plié, & il est isochrone.

Le balancier est horisontal & suspendu par un ressort; ses pivots tournent entre 6 rouleaux.

249

249. L'échappement eſt celui à vibration libre, pareil à celui que j'emploie dans mes grandes Horloges.

250. La correction des effets du chaud & du froid eſt produite par un chaſſis, comme dans mes Horloges à Longitude.

251. La force motrice eſt un reſſort égaliſé par une fuſée.

252. Le mouvement de cette Montre eſt placé dans un tambour, comme ceux de mes grandes Horloges, & il eſt porté de même par une ſuſpenſion, pour conſerver la poſition horiſontale, malgré les agitations du vaiſſeau.

253. Le rouage eſt de la même conſtruction qui eſt employée dans l'Horloge N° 6 à poids, c'eſt-à-dire, que les heures, les minutes & les ſecondes ſont concentriques au cadran. Voy. *Traité des Horloges Marines*, Planche IX, & la deſcription N° 673.

254. Le but que j'ai eu dans la diſpoſition des diverſes parties de la Montre à Longitude, a été de la réduire au plus petit volume, en donnant cependant au Régulateur & au moteur une grande puiſſance ; & je l'ai diſtribuée de maniere à avoir la facilité de démonter l'une ou l'autre de ſes parties ſéparément, ſans déranger les autres : ainſi on peut démonter le barillet & la fuſée, ſans démonter ni le rouage, ni le Régulateur, & on peut démonter le rouage, ſans déranger, ni le Régulateur, ni le moteur.

255. La Montre à Longitude eſt compoſée de 6 platines, formant trois cages principales ; la premiere contient le rouage ; la ſeconde le moteur & la fuſée : la troiſieme le Régulateur. Cette derniere cage eſt par-là compoſée des deux petites cages des rouleaux, ce qui forme en tout cinq cages.

256. Les deux grandes platines qui forment la cage du rouage, ſont la platine-cadran, & la platine du Régulateur & du moteur ; ces platines ont 37 lignes de diametre, qui eſt la grandeur de la Montre.

257. La platine-cadran porte 4 piliers dont la hauteur eſt 6 lignes.

258. La platine-Régulateur, porte 6 piliers, 3 pour la cage-Régulateur, & 3 pour la cage du moteur ; ces piliers ont 8 lig. de hauteur ; les deux petites platines des cages de rouleaux portent chacune 3 piliers, dont la hauteur eſt de 3 lignes.

Deſcription de la petite Horloge à Longitude N° 1.

Planche V, fig. 4 & 5.

259. La fig. 4, Planche V, repréſente le dehors de la platine des piliers de la cage du Régulateur & du moteur, ſur laquelle eſt tracé le plan du rouage & de l'échappement ; le dehors de cette platine forme avec la fauſſe plaque ou platine-cadran, une cage qui contient une partie du rouage & l'échappement : la platine-cadran porte 4 piliers qui entrent dans les trous 1, 2, 3, 4, de la platine *A A* : 5, 6, 7, marquent les places de 3 piliers de la cage du moteur mis en dedans de la platine *A A* ; 8, 9, 10, marquent les places des 3 piliers de la cage du Régulateur ; ils ſont rivés en dedans de la platine *A A* : 11, 12, 13, marquent les poſitions des 3 piliers de la cage des rouleaux ; ces piliers ſont rivés ſur une petite platine qui eſt de la grandeur du balancier.

260. *B* eſt le barillet : ce barillet eſt fait de maniere à contenir deux reſſorts, parce qu'un ſeul n'auroit pas produit une aſſez grande force pour la puiſſance du Régulateur, & la vîteſſe de ſon mouvement (*a*). Ces deux reſſorts ſont contenus dans 2 barillets placés ſur le même arbre, adoſſés l'un contre l'autre, & ils ſont fixés enſemble par des vis.

261. *C*, eſt la roue de fuſée, elle a 80 dents, & engrene dans le pignon *a* de 20 dents : *D* eſt le rochet au-

(*a*) Par le calcul que j'en ai fait, j'ai trouvé qu'un point pris à la circonférence du balancier, parcourt 30,000 toiſes en 24 heures.

xiliaire. Sur le pignon *a*, eſt rivée la grande roue moyenne *E*, celle-ci fait un tour par heure, elle a 80 dents, & engrene dans le pignon *b* de 10 dents. Ce pignon porte la roue moyenne *F*, qui a 75 dents. Cette roue engrene dans le pignon *c* de ſecondes, lequel a 10 dents : ſur ce pignon eſt rivée la roue *G* de ſecondes, qui a 108 dents. Celle-ci engrene dans le pignon *d* de 6 dents ; ſur ce pignon, eſt rivée la roue d'échappement *H*, qui a 10 dents.

262. *I*, *K* ſont les roues de renvoi des heures, celle *I* eſt portée par le canon de la roue de minute, laquelle n'eſt pas ici repréſentée, mais dont la diſpoſition eſt la même que dans l'Horloge n° 6 ; voy. Planche IX du *Traité des Horloges Marines*, & Planche XXVII de l'Eſſai ſur l'Horlogerie.

263. La roue *F* eſt miſe en cage entre la platine-cadran & le dehors de la platine des piliers *A A*; le pignon de la grande roue moyenne *a* paſſe en dedans de la cage du moteur pour engrener dans la roue de fuſée ; le pivot d'en bas de ce pignon roule dans un trou de la petite platine *a*, *b*, *c*, *d* du moteur, vue fig. 5.

264. La roue de ſecondes eſt miſe en cage ſur le dehors de la platine *A A* au moyen du pont *M*, dont le canon porte un bouchon qui reçoit le pivot ſur lequel eſt ajuſté l'aiguille de ſecondes ; ſur ce canon du pont roule le canon de la roue de minute, &c. Cette roue a 80 dents : les roues *I* & *K* ont 36 dents, & la roue des heures a 72 ; elle eſt menée par un pignon de 6 ſur lequel eſt rivée la roue de renvoi *K*.

265. *E f* eſt la détente d'échappement. *N*, le pont entre lequel & la platine cette détente eſt miſe en cage ; *g* le reſſort qui ramene la détente ; *h* la cheville d'arrêt.

266. *L* eſt le cercle d'échappement porté par l'axe de balancier ; *i k*, la palette qui ſert à élever la détente *e f*; cette palette eſt miſe en cage ſur le cercle *L* par un pont qui n'eſt pas ici repréſenté : *k m*, eſt le reſſort qui ramene la palette ; *n*, la cheville d'arrêt portée par le cercle *I*.

267. *P* eſt le pont du rouleau que l'on démonte pour retirer le balancier de la cage; *o*, *p*, *q*, *r*, *s*, la fente faite à la platine, pour démonter le rouleau & le balancier.

268. *A A*, fig. 5, repréſente le dedans de la platine des piliers ſur laquelle eſt tracé le plan du Régulateur de cette Horloge & du moteur.

269. 5, 6, 7, repréſentent les trois piliers de la cage du moteur, dont *a*, *b*, *c*, *d* eſt la platine; *B* eſt le barillet : *E* le rochet d'encliquetage, & *F* le cliquet : *G H*, le pont du barillet fixé aux deux parties coupées de la platine *a*, *b*, *c*, *d*; le cliquet *F* eſt attaché ſur ce pont; le cercle ponctué *C*, repréſente la roue de fuſée, & *D* le rochet auxiliaire, dont *I* eſt le cliquet; *K* le trou du pivot de la grande roue moyenne.

270. *L L*, eſt la platine inférieure du Régulateur : 8, 9, 10 les piliers qui aſſemblent cette platine avec la grande platine *A A* des piliers : c'eſt entre ces deux platines que ſont logés le balancier & les rouleaux; voy. Planche VIII du *Traité des Horloges Marines*, le profil de la Montre n° 3; ici la diſpoſition eſt la même.

271. *N*, *O*, *P*, repréſentent les trois rouleaux portés en dedans de la platine *L L*; *Q* le pont du rouleau qu'il faut ôter de la cage pour démonter le balancier; *e*, *f*, *g*, *i*, la fente faite à la platine *L L*, pour le paſſage du balancier & du rouleau *N*.

272. *l m* eſt la direction & la poſition du chaſſis de compenſation du chaud & du froid : ce chaſſis eſt attaché par deux vis ſur le pont *R*, *m*; *n*, *o*, *p*, eſt le grand levier de compenſation lequel eſt mobile en *o* ſur le pont *R o*. Ce pont eſt attaché en dedans de la platine *A A* des piliers, & le levier *n*, *o*, *p*, mis en cage entre la platine & le pont.

273 Le petit bras *n* du levier agit ſur la tringle du milieu du chaſſis *l m*, & le grand bras *p* agit ſur la vis *q*, portée par la boîte attachée ſur le bras *ſ* du pince-ſpiral *r ſ*. Le pince-ſpiral *r ſ* eſt mis en cage dans le double pont

S T : le bras *r* du pince-ſpiral porte l'index *t* qui marque ſur la portion graduée *v* faite à la platine *L L*, le chemin produit par le chaud & le froid ſur le méchaniſme de compenſation.

V eſt le piton de ſpiral.

Nous n'entrerons pas dans de plus grands détails ſur cette Horloge ; les notions que nous venons de donner ſont ſuffiſantes pour bien entendre les corrections que j'ai faites aux petites Horloges que je décrirai ci-après, chap. X. XI & XII.

Dimenſions.

274. Le chaſſis de compenſation a 37 lig. de longueur, & 18 lig. $\frac{1}{2}$ de largeur ; il eſt composé de 16 tringles, 8 d'acier, & 8 de cuivre ; la groſſeur des tringles eſt de o lig. $\frac{11}{12}$.

La Montre étant réglée, le balancier peſe 75 grains $\frac{1}{2}$, & décrit 240 degrés ; le ſpiral fait 4 tours $\frac{1}{3}$; ſon diametre 5 lig. $\frac{7}{12}$; longueur 4 pouces 6 lignes, largeur o lig. $\frac{8\frac{1}{2}}{12}$; épaiſſeur au centre $\frac{14}{200}$, lig. au dehors $\frac{13}{200}$; ce reſſort a été calibré ſur l'outil fait à cet uſage ; il eſt trempé, plié, & iſochrone.

La virole a 1 lig. $\frac{8\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

Les reſſorts-moteurs ont deux pieds $\frac{1}{2}$ de longueur, & 7 lig. de largeur.

Ils tirent 6 onces $\frac{5}{8}$.

La roue de fuſée fait un tour en 4 heures; elle contient 7 tours $\frac{1}{2}$ de chaîne.

Le tambour a 36 lig. de hauteur ; ſon diametre en dedans eſt de 40 lig.

Pivots, N° 1.

De fuſée du côté du quarré, 1 lig. $\frac{2}{12}$.

Roue de minute o $\frac{21}{48}$ lig.

De champ o $\frac{12}{48}$ lig.

De ſecondes o lig. $\frac{8}{48}$, d'en-bas o $\frac{6}{48}$ lig.
D'échappement o $\frac{4}{48}$ lig.
De balancier o $\frac{14}{48}$ lig.
De rouleaux o $\frac{6}{48}$ lig.
Les rouleaux ont 14 lig. de diametre.

CHAPITRE X.

Horloge à Longitude, N° XXVII.

275. LA conſtruction de la Montre à Longitude, N° 1, que je viens de décrire, m'ayant paru fort avantageuſe, je me ſuis appliqué à la ſimplifier ; voici les corrections qui m'ont paru néceſſaires, & d'après leſquelles j'ai conſtruit les Montres à Longitude, n° XXVII, XXVIII, &c.

276. 1°. D'employer un ſeul reſſort-moteur & de force convenable pour n'être jamais dans un état forcé ; car dans l'Horloge n° 1, quoiqu'il y ait deux reſſorts, toute leur force eſt employée, enſorte qu'il ne reſte, lorſque la Montre eſt montée, qu'un demi-tour au haut, ce qui expoſe les reſſorts à caſſer ou à ſe rendre.

277. 2°. De diminuer le travail du rouage qui eſt trop conſidérable, lorſque les heures, les minutes & les ſecondes ſont concentriques, & de ſubſtituer la diſpoſition de mes Horloges Marines : d'ailleurs l'aiguille des ſecondes, en paſſant ſur le quarré de remontoir, eſt expoſée à être dérangée.

278. 3°, De réduire à un travail plus ſimple les cinq cages, dont la Montre à Longitude, n° 1, eſt compoſée.

279. 4°. De ſimplifier auſſi le méchaniſme de compenſation, en employant une lame compoſée, au lieu du chaſſis.

Description de l'Horloge à Longitude, N° XXVII (a).

280. Le balancier de cette petite Horloge fait 6 vibrations par seconde ; il est horisontal & suspendu par un ressort : l'échappement est celui à vibrations libres ; l'aiguille des secondes fait trois battements par seconde : la compensation par une lame composée.

281. J'ai employé 3 cadrans, le premier pour marquer les heures, le second, les minutes, & le troisieme les secondes. Le mouvement est placé dans un tambour qui est supporté par une suspension, pour conserver la position horisontale ; cette suspension est placée dans une boîte qui garantit l'Horloge de la poussiere, &c.

282. Le mouvement de cette petite Horloge est composé de trois platines de même grandeur ; les deux premieres forment la cage du rouage ; la deuxieme & la troisieme, celle du Régulateur : il y a de plus deux petites platines qui forment les cages des rouleaux.

Planche II.

283. La fig. 3 représente le profil de l'Horloge ; *A A*, est la platine-cadran ; elle porte quatre piliers qui s'assemblent avec la platine *B B*, pour former la cage du rouage ; la troisieme platine *C C*, porte trois piliers qui s'assemblent avec celle *B B* ; cette seconde cage forme celle du Régulateur : la petite platine *D D*, porte trois piliers qui s'assemblent avec la platine *B B* : cette petite cage contient les trois rouleaux supérieurs, entre lesquels l'axe de balancier tourne : la petite platine *E E*, porte de même trois piliers qui, assemblés avec la platine *C C*, forment la cage des trois rouleaux inférieurs de l'axe de balancier.

284. La roue de fusée *F*, porte le pignon de renvoi *a*,

(a) J'ai exécuté cinq Horloges sur le même plan, N° 27, 28, 29, 30 & 31. Elles furent commencées en 1768, & terminées en 1782.

qui conduit la roue des heures *G*; l'axe prolongé *b*, de cette roue porte l'aiguille des heures; *c* eſt le quarré de fuſée, & *d* le crochet de fuſée. La roue de fuſée *F*, engrene dans le pignon de minute *e*, dont l'axe prolongé *f*, porte l'aiguille de minute; *H*, eſt la roue de minute, elle engrene dans le pignon *g* de la roue moyenne *I*; celle-ci engrene dans le pignon *h*, qui porte la roue de ſecondes *K*; le pivot prolongé *i*, porte l'aiguille de ſecondes; la roue de ſecondes *h*, engrene dans le pignon *l* de la roue d'échappement *L*, qui communique ſon mouvement au cercle d'échappement *m*, porté par l'axe du balancier *M M* : l'autre bout de l'axe de balancier porte le ſpiral *N*, placé en dehors des rouleaux : 7, 2, 3 ſont les trois rouleaux, entre leſquels paſſe l'axe de balancier; c'eſt ſur ce bout prolongé de l'axe que le cercle d'échappement *m* eſt attaché en dehors des rouleaux; 4, 5, 6 ſont les trois rouleaux inférieurs; entre leſquels paſſe le pivot inférieur de l'axe de balancier; le bout prolongé de ce pivot porte le ſpiral *N*.

285. La fig. 6 repréſente la lame compoſée d'acier & de cuivre pour la correction des effets de la température; ſur le bout *a* eſt fixé par deux vis, un rubis ſur lequel doit agir le bout de la vis de la boîte du pince-ſpiral, comme on le voit dans la fig. 5.

286. *A A*, fig. 4, repréſente le dehors de la platine-cadran: ſur cette platine ſont rivés les quatre piliers 1, 2, 3, 4; *B*, eſt le barillet; *C*, la roue des heures; *a* le pignon de renvoi, qui porté par la roue de fuſée *F*, conduit la roue des heures; *e* le pignon de minute, *H*, ſa roue; *g* le pignon de la roue moyenne, *I*; *h*, le pignon de ſecondes, *K*, ſa roue; *l* le pignon de la roue d'échappement, & *L*, cette roue; *m* le cercle d'échappement.

287. *P Q R*, ſont les cadrans des heures, des minutes, & des ſecondes, attachés chacun par une vis & un pied ſur la platine-cadran *A A*.

288. *n*, eſt le plot du garde-chaîne, *n o* le garde chaîne, & *d* le crochet de fuſée.

289. *P q r*, eſt le *reſſort-détente* de l'échappement; *r ſ t* le *reſſort-levée* porté par le cercle d'échappement *m*; *M m*, le pont de ſuſpenſion; *N l*, le pont de la roue d'échappement.

290. 5, 6, 7, ſont les pivots des piliers de la cage du Régulateur; 8, 9, 10, les pivots des piliers de la cage des rouleaux.

291. *C C*, fig. 5, repréſente le dehors de la troiſieme platine qui forme la cage du Régulateur; c'eſt cette platine (vue fig. 3.) qui porte les trois piliers 5, 6, 7; *E E*, eſt la platine des rouleaux; 8, 9, 10, les piliers portés par cette platine; *M M* le balancier; *a*, *b*, *c*, les rouleaux; *A* le pont de la lame compoſée *d e*; cette lame eſt fixée en *d* ſur le pont *A*, par deux vis & par une plaque de preſſion *f*, ce qui forme une mâchoire qui fixe le bout de la lame; le bout *e* de la lame eſt le même vû en *e*, fig. 6, & lequel porte le rubis. La vis *g*, (fig. 5), de la boîte de compenſation agit ſur le rubis porté par la lame *d e* : *g i l* eſt le pince-ſpiral mobile en *l* ſur le pont *D* : *m* eſt la boîte du pince-ſpiral.

Dimenſion de l'Horloge à Longitude, N°. XXVII.

292. Roue de fuſée 80 dents; ſon diametre 12 lig. $\frac{9}{12}$; engrenne, dans un pignon, 20, dont le diametre eſt de 3 lig. $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$; épaiſſeur de la Roue, $\frac{28}{48}$.

Pignon de renvoi des heures, 24 dents; diametre, 4 lig. $\frac{1}{12}$.

Roue des heures, 72 dents; diametre, 11 lig. $\frac{7}{12}$; épaiſſeur $\frac{15}{48}$.

Roue de minute, 128 dents; diametre, 13 lig. $\frac{2}{12}$; épaiſſeur $\frac{19\frac{1}{2}}{48}$, elle engrene dans un pignon de 16 dents, dont le diametre eſt de 1 lig. $\frac{8}{12}$.

Roue de champ, 120; diametre, 12 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$; ſon épaiſſeur $\frac{15}{48}$; engrene dans le pignon de ſecondes de 16 dents, diametre, 1 lig. $\frac{8}{12}$.

Roue de fecondes, 120; diametre, 12 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$; fon épaiffeur $\frac{10}{48}$; engrene dans le pignon d'échappement de 12 dents, diametre 1 lig. $\frac{3\frac{3}{4}}{12}$.

Roue d'échappement, 18 dents; diametre 9 lignes, épaiffeur, $\frac{8}{48}$.

36 vibrations × par 10 = 360 vibrations par feconde, = 21600 par heure.

Balancier, 22 lig. $\frac{9}{12}$ de diametre.

Axe de balancier $\frac{8}{12}$.

Pivot, $\frac{16}{48}$.

Pefe feul, fans l'axe, 60 grains.

Cercle d'échappement tout fini, 3 lig. $\frac{5}{12}$, comme dans le Plan.

Détente d'échappement $\frac{8}{8}$ d'épaiffeur, & $\frac{8}{48}$ de largeur.

Les arcs décrits par le balancier, avec la force de 5 onces $\frac{1}{2}$ font de 115.

La détente d'échappement toute finie, pefe avec la tige 1 grain $\frac{1}{4}$.

Les rouleaux ont 12 lig. de diametre.

Le rochet auxiliaire de la fufée a 12 lig. $\frac{9}{12}$ de diametre & 72 dents; fon épaiffeur, $\frac{23}{48}$.

Le rochet d'encliquetage de la fufée a 41 dents, & 9 lig. $\frac{2}{12}$ de diametre.

Le pivot de la fufée, du côté du quarré, a 1 lig. $\frac{4}{12}$ de diametre.

Le pivot de minute, o lig. $\frac{24}{48}$.

De champ, $\frac{13}{48}$.

De fecondes, portant l'aiguille, $\frac{10}{48}$.

L'autre pivôt de la même roue $\frac{8}{48}$.

Pivot de la roue d'échappement, $\frac{4\frac{1}{2}}{48}$.

De détente d'échappement, $\frac{4}{48}$.

De la palette d'échappement, $\frac{3}{48}$.

Pivots des rouleaux, $\frac{5}{48}$.

Pivots de balancier, $\frac{14}{48}$.

Le ſpiral eſt calibré & trempé plié ; il a d'épaiſſeur au centre $\frac{12}{200}$; au dehors $\frac{11}{200}$; ſa largeur $\frac{8\frac{1}{2}}{12}$: il fait 4 tours $\frac{1}{3}$.

Le pont de ſuſpenſion du balancier a 13 lignes $\frac{7}{12}$ de hauteur.

Épaiſſeur de la patte & de la colonne, $\frac{9\frac{1}{2}}{12}$.

Reſſort moteur.

Fait 8 tours.

Sa longueur, 6 pieds 2 pouces $\frac{1}{2}$.

Sa largeur, 8 lig. $\frac{4}{12}$.

Épaiſſeur au dehors, $\frac{34}{200}$.

Au dedans, $\frac{30}{200}$.

Il tire 5 onces $\frac{1}{2}$ du levier, à un tour de bande.

Le barillet a 20 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre en dedans ; en dehors 21 lig. $\frac{1}{2}$; hauteur en dedans, 8 lig. $\frac{8}{12}$.

La fuſée a 11 lig, $\frac{4}{12}$ de diametre à la baſe ; au ſommet, 6 lignes.

Hauteur de la fuſée, 7 lig. $\frac{1}{12}$, fait 8 tours $\frac{1}{2}$, ou contient 8 tours $\frac{1}{2}$ de corde.

CHAPITRE XI.

De la construction d'une petite Horloge à Longitude, horisontale, le balancier sans suspension, Horloge N° 36.

293. TOUTES les Horloges & les Montres à Longitude que j'ai décrites ci-devant, ont été construites pour avoir constamment la position horisontale (*a*), au moyen de la suspension, afin que le balancier étant suspendu par un ressort, ait moins de frottement & soit plus pesant : mais cette disposition entraine après elle un travail assez considérable, ensorte qu'il ne m'a pas paru possible de rendre ces machines d'un usage général, & sur-tout d'en réduire la dépense pour mettre leur prix à la portée des Officiers des vaisseaux marchands : je me suis donc occupé de nouveau des moyens de réduire le travail des Horloges à Longitudes, & j'espere enfin être parvenu à ce but. La construction même de ma premiere Montre Marine, désignée par N° 3, éprouvée en 1764, m'en présente les moyens ; car diverses épreuves que j'ai faites avec cette machine, m'assurent qu'étant perfectionnée, elle pourroit donner beaucoup de justesse, sans qu'elle eût de suspension, & le balancier roulant sur sa pointe : je vais proposer le moyen de la simplifier, en la rendant d'une exactitude sûre.

Disposition à donner au Régulateur d'une petite Horloge à Longitude, pour n'employer que trois rouleaux.

294. L'application des rouleaux pour la réduction des frottements des pivots du balancier, est un très-bon moyen :

(*a*) A l'exception de ma premiere Montre Marine, ou N° 3.

mais il entraine un travail ſi conſidérable, qu'il eſt bien difficile de pouvoir faire des Horloges à Longitude pour les vaiſſeaux marchands, en employant ſix rouleaux & le balancier ſuſpendu par un reſſort : j'ai cherché depuis long-tems les moyens de réduire le travail de ces machines, ſans avoir pu encore arriver au but que je me propoſois; enfin toujours tourmenté du déſir de faire de bonnes Horloges à moindres frais, pour ſervir à la marine marchande, je penſe qu'il eſt poſſible de n'employer que trois rouleaux ; pour cet effet, il faut diſpoſer l'effort du balancier & du ſpiral, de ſorte que la preſſion ou action s'exerce preſque en entier ſur le pivot du balancier qui tourne entre ces trois rouleaux, & que l'autre pivot de l'axe ſoit aſſez éloigné du balancier & du pivot qui tourne entre les rouleaux, pour ne recevoir qu'une très-petite preſſion ; je place en conſéquence le balancier en dedans des rouleaux, & fort près d'eux, & le ſpiral en dehors des rouleaux & de même fort près d'eux; l'échappement doit par les mêmes motifs, être placé le plus près poſſible du balancier, & par conſéquent des rouleaux; & je prolonge & fais paſſer au contraire l'axe de balancier qui porte le pivot, pour tourner dans un trou juſques au dehors de la platine-cadran. Par ce moyen, le pivot de ce bout de l'axe pourra être d'un petit diametre, puiſqu'il ne ſera pas chargé ; il ne ſervira en quelque ſorte qu'à maintenir l'axe : en un mot, il faut, autant que cela ſe pourra, que toute l'action du régulateur s'exerce ſur le pivot ſupporté par les rouleaux. Maintenant, pour que la réunion de la puiſſance exercée ſur les pivots des rouleaux, ne puiſſe devenir nuiſible, il faut que les rouleaux ſoient du plus grand diametre, qu'ils ſoient légers & leurs pivots petits; mais pour mieux diminuer l'effet des frottements, il faut proportionner la puiſſance du régulateur à la quantité que les pivots de rouleaux peuvent ſupporter, ſans fatiguer leurs trous.

Mon intention, en compoſant la petite Horloge n° 36, a été de la rendre d'une juſteſſe conſtante, en employant les moyens les plus ſimples, enſorte qu'elle puiſſe ſervir

aux Officiers des vaiſſeaux du Roi & à la Marine marchande : c'eſt pour remplir ce double objet, que je ſupprime la ſuſpenſion de l'Horloge & la ſuſpenſion du balancier.

295. Je ſupplée à ces deux ſuſpenſions, 1°, pour la ſuſpenſion de l'Horloge, en plaçant à la circonférence du balancier quatre petites maſſes, pour régler facilement l'Horloge dans les différentes poſitions (*a*); enſorte que lorſque le vaiſſeau, par ſes diverſes inclinaiſons, change la poſition horiſontale de l'Horloge, ſa marche n'en ſoit cependant pas affectée.

296. 2°, pour la ſuſpenſion du balancier, elle eſt ſuppléée en faiſant porter la pointe de l'axe du balancier ſur un Diamant : pour cet effet, j'emploie des vibrations promptes, 6 par ſecondes, ce qui produit le double avantage de rendre l'Horloge moins ſuſceptible des agitations du vaiſſeau, & d'avoir un balancier qui, quoique léger, a cependant une grande puiſſance, & dont la preſſion ſur la pointe ne cauſe pas un frottement qui puiſſe devenir nuiſible : car je dois obſerver ici qu'ayant fait des tentatives pour ma premiere Horloge Marine, dont j'avois d'abord fait rouler le balancier ſur ſa pointe, j'ai éprouvé que cette pointe ne s'eſt émouſſée que par le trop de peſanteur du balancier qui peſoit 3 livres 9 onces 6 gros, (voy. Eſſai ſur l'Horloge n° 2100 : 2139), mais ici un tel effet ne peut avoir lieu.

Petite Horloge à Longitude à reſſort, N° 36.

297. Je donne enfin ici la conſtruction d'une petite Horloge à Longitude à reſſort, qui me paroît réunir tous les avantages déſirables, & devoir remplir tous les uſages qu'on

(*a*) Ces maſſes du balancier ; ſont placées à angles droits : deux ſont dans la verticale (lorſque le balancier eſt arrêté), & les deux autres dans la ligne horiſontale : on peut augmenter ou diminuer à volonté le poids de ces maſſes, ſans démonter le balancier, & régler par ce moyen l'Horloge facilement par ſes diverſes poſitions, Si les vis de ces maſſes étoient ajuſtés dans un trou qui fît reſſort comme ceux de N° 8, *Traité des Horloges*, N° 934, on régleroit la Montre par ſes diverſes poſitions, en approchant, ou en écartant ces maſſes du centre du balancier ; mais dans une petite machine, telle que N° 36, il vaut mieux que ces maſſes ſoient fixes.

en exige pour la navigation. Cette machine eſt réduite à un très-petit Volume, & eſt portative comme une Montre : & comme une Montre, elle n'a pas de ſuſpenſion ; le balancier n'a pas non plus de ſuſpenſion : ſon exécution eſt facile & ſa conſtruction la plus ſimple, & cependant j'ai lieu de croire qu'elle doit donner toute la juſteſſe requiſe, fondée ſur la nature des principes qui lui ſervent de baſe : c'eſt d'après les obſervations rapportées ci-devant n°. 294 & ſuiv. que j'ai conſtruit & exécuté cette petite Horloge, laquelle eſt actuellement en mer. Je donnerai ci-après le réſultat de ſa marche, lorſque cette Horloge, n° 36, ſera de retour.

Deſcription de l'Horloge, N° 36.

Planche III, fig. 1, 2, 3.

298. Cette Horloge eſt à reſſort égaliſé par une ſuſée ; le balancier fait 6 vibrations par ſecondes, il eſt horiſontal, la pointe de ſon axe roule ſur un diamant : l'échappement eſt celui à vibrations libres à détente ; l'aiguille des ſecondes fait 3 battements par ſecondes ; la compenſation par une lame compoſée ; j'ai auſſi appliqué à cet Horloge mon compenſateur iſochrone. Les heures, les minutes & les ſecondes ont chacune leur cadran particulier.

299. Le mouvement eſt placé dans un tambour, & celui-ci dans une boite, & ſans être ſuſpendu.

300. La poſition de cette machine eſt l'horiſontale ; mais cette poſition varie dans le vaiſſeau ſelon les inclinaiſons ; elle eſt reglée en conſéquence d'après les obſervations, n°. 295.

301. Le mouvement eſt compoſé de deux platines, ayant chacune 35 lig. de diametre, qui forment la cage du rouage, & de deux petites platines de 24 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre, leſquelles s'aſſemblent avec la deuxieme platine du rouage, au moyen de trois piliers à double baſe, ce qui forme deux

petites cages, l'une pour le balancier, & l'autre pour les trois rouleaux.

Planche III.

302. La fig. 1 repréſente le profil du mouvement; *A A* eſt la platine-cadran, elle porte quatre piliers qui s'aſſemblent avec la platine *B B*, pour former la cage du rouage; la quatrieme platine *C C*, porte trois piliers à double baſe qui s'aſſemblent avec celle *B B*; la troiſieme platine *D D*, eſt montée ſur la ſeconde baſe des petits piliers *E*; ces deux petites cages contiennent le balancier & les rouleaux.

303. La roue de fuſée *F* porte à ſon centre le pignon de renvoi *a*, qui conduit la roue des heures *G*; l'axe prolongé *b* de cette roue porte l'aiguille des heures; *c* eſt le quarré de fuſée, & *d* le crochet de fuſée. La roue de fuſée *F* engrene dans le pignon de minute *e*, dont le pivot prolongé *f* porte l'aiguille de minute: *H* eſt la roue de minute, laquelle engrene dans le pignon *g* de la roue moyenne *I*; celle-ci engrene dans le pignon *h*, qui porte la roue de ſecondes *K*, dont le pignon prolongé *i* porte l'aiguille de ſecondes. La roue de ſecondes *K* engrene dans le pignon *l* de la roue d'échappement *L*, laquelle communique ſon mouvement au cercle d'échappement *m*, porté par l'axe *O m N r* du balancier *M M*: le bout inférieur *p q r* de l'axe porte en *p* le pivot, qui roule entre les trois rouleaux 1, 2, 3; & au deſſous, cet axe porte la virole *q*, ſur laquelle eſt fixé le ſpiral: au deſſous de la virole en *r* doit être attaché le cercle excentrique du compenſateur; le bout inférieur *r* de l'axe de balancier eſt terminé en pointe, & tourne ſur un diamant porté par la partie *Y* du pont *V Y*; ce pont eſt celui qui porte le pince-ſpiral *t x*, dont l'axe eſt mobile ſur deux pivots mis en cage ſur le pont *V Y z*; l'axe *ſ* du pince-ſpiral porte le bras ponctué *y*, qui va appuyer ſur la vis portée en *y* par le bout de la lame de compenſation *S T y*.

Cette

Cette lame eſt fixée ſur le pont *R S* au moyen d'une machoire preſſée par les vis 4, 5, dont on ne voit ici que les bouts; le pont *R S* eſt lui-même attaché à la platine *B B* par deux vis & deux pieds, comme on le voit fig. 3 : *z* eſt le bout d'un petit pont, lequel porte un reſſort qui va agir auprès de l'axe du pince-ſpiral ſur le bras *x*; *v* eſt le pont du rouleau 1, lequel ſe démonte lorſque l'on veut démonter l'axe de balancier.

304. Le cercle d'échappement *m* porte le *reſſort-levée* d'échappement; ce reſſort porte une cheville *o*, qui agit ſur le bout *o* de la détente d'échappement *n o*, dont le bras ou talon *n* ſuſpend l'action de la roue d'échappement, pendant que le balancier oſcille librement; le pont de la détente *n o* n'eſt pas ici repréſenté : l'axe 6 en indique l'élévation.

305. Le bout ſupérieur *O* de l'axe de balancier porte un pivot qui roule dans un trou du pont *O P*.

306. *A A*, fig. 2, repréſente le dehors de la platine-cadran; ſur cette platine ſont rivés les piliers 1, 2, 3, 4; *B* eſt le barillet; *C* le rochet d'encliquetage du barillet : cet encliquetage eſt placé au dehors de la platine-cadran *A A*; ſur le même côté de cette platine ſont placés le cadran *O* des heures, celui *M* de minutes, & celui *S* de ſecondes : *G* eſt la roue des heures; *a* le pignon porté par le centre de la roue de fuſée *F*; ce pignon *a* conduit la roue des heures : *e* eſt le pignon de minute; *H* la roue de minute; *g* le pignon dont l'axe porte la roue moyenne *I* : *h* le pignon de ſecondes, & *K* ſa roue; *l* le pignon de la roue d'échappement *L*; *Q l* le pont de cette roue; *m* le cercle d'échappement; *o n* la détente d'échappement, & *ſ* ſon pont; *m p q* le *reſſort-levée* d'échappement porté par le cercle *m* : *P o* le pont du pivot ſupérieur du balancier; *r* le reſſort de la détente *o n*.

307. *f* eſt le plot du garde-chaîne; *f d* la direction du garde-chaîne & *d* le crochet de fuſée : *E* le cliquet du rochet auxiliaire *N*; *R* eſt le rochet d'encliquetage de la fuſée : *D h* le pont de précaution qui garantit la roue de ſe-

condes, lorſqu'on remonte le mouvement : 5, 6, 7, les bouts des pivots de la cage du balancier & des rouleaux.

308. *B B*, fig. 3, repréſente le dehors de la ſeconde platine du rouage : 4, 5, 6, 7, les pivots des piliers de la cage du rouage ; *C C* eſt la platine ſur laquelle ſont rivés les trois piliers 8, 9, 10, à double baſe, pour former la cage du balancier & celle des rouleaux ; *M M* eſt le balancier ; 1, 2, 3, les rouleaux ; *v* la barette ou pont du rouleau qui doit ſe démonter pour démonter le balancier ; pour cet effet, les deux petites platines doivent être fendues depuis le centre *V*, ſelon la direction *v*, *V*, 6.

309. *A* eſt le pont de la lame de compenſation ; ce pont porte en *d* une plaque qui ſert de mâchoire pour fixer cette lame *S T z* : le bout *T* de la lame de compenſation porte une vis *z*, dont le bout agit ſur le bras *y* du pince-ſpiral *x y* : la vis *z* ſert à former la compenſation par l'action de la lame, & en même-temps on regle par le moyen de cette vis l'Horloge au plus près.

V Y eſt le pont du pince-ſpiral ; *E* eſt un pont coudé en dedans de la cage des rouleaux, pour porter le piton *F* du ſpiral.

310. *H* eſt le rouleau du compenſateur ; *H L* ſa chappe, *l m* le reſſort ; *K* le pont à mâchoire qui porte le reſſort-compenſateur. Ce pont eſt attaché par deux vis à la platine *B B* ; la chappe & le rouleau ſont élevés à la hauteur requiſe, pour paſſer entre la platine *C C*, & le deſſous du bout *v* du pont du pince-ſpiral, ainſi qu'au deſſous de la lame ; cette élévation eſt indiquée en *r*, fig. 1 du profil : le pont *K* peut tourner ſur le centre de la vis *p*, au moyen de l'ouverture allongée de la vis *q* faite à ce pont : ce mouvement ſert à augmenter ou à diminuer la bande du reſſort-compenſateur *l m* ; c'eſt un moyen d'arriver à l'iſochroniſme, voy. ci-devant (n° o) ; l'index *r* du pont *K* ſert à faire connoître la quantité dont on change la bande du reſſort, au moyen de la graduation faite à la platine *B B*.

Dimenſions du Régulateur.

311. Le balancier a 20 lig. $\frac{8}{12}$ de diametre ; il peſe 27 grains, fait 6 vibrations par ſecondes.

La pointe de l'axe de balancier eſt fort dure, elle tourne ſur un diamant.

Le ſpiral a 5 pouces de longueur.

Sa largeur demi-ligne.

Épaiſſeur au centre o lig. $\frac{11}{200}$, au dehors $\frac{10}{200}$, il fait 5 tours $\frac{1}{3}$, ce ſpiral eſt iſochrone.

Dimenſions du moteur.

Le barillet a 13 lignes de diametre en dedans, ſa hauteur 6 lig. $\frac{3}{4}$.

Largeur du reſſort, 6 lig. $\frac{1}{2}$.

Le reſſort fait 7 tours $\frac{1}{2}$: il reſte deux tours $\frac{1}{2}$ au haut, *de vuide.*

La fuſée tire au levier 3 onces $\frac{3}{4}$, à demi-tour de bande.

La fuſée a 7 tours $\frac{1}{2}$ de corde ; ſon diametre à la baſe, 11 lig. $\frac{1}{12}$, & 5 lig. $\frac{1}{2}$ au ſommet.

Pivot de l'arbre du barillet, 2 lig. $\frac{1}{12}$.

Pivot quarré, 1 lig. $\frac{8\frac{1}{2}}{12}$.

Dimenſions du rouage.

Roue de fuſée, 80 dents ; diametre, 12 lig. $\frac{9}{12}$, engrene dans le pignon 20 de roue de minute, lequel a 3 lig $\frac{3\frac{1}{3}}{12}$ de diamètre.

Epaiſſeur de la roue, $\frac{24}{48}$.

Pignon de renvoi des heures, 24 dents.

Son diametre, 4 lig. $\frac{1}{12}$.

Roue des heures, 72 dents ; diametre, 11 lig. $\frac{7}{12}$.

Épaiſſeur, $\frac{14}{48}$.

Roue de minute, 128 dents; ſon diametre, 13 lig. $\frac{2}{12}$; épaiſſeur, $\frac{19}{48}$.

Engrene dans le pignon 16 de la roue moyenne, dont le diametre eſt 1 lig. $\frac{8}{12}$.

Roue moyenne, 120 dents; diametre, 12 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$; épaiſſeur $\frac{14}{48}$, engrene dans le pignon 16 de la roue de ſecondes: diametre du pignon 1 lig. $\frac{8}{12}$.

Roue de ſecondes, 120; diametre, 12 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$.

Épaiſſeur $\frac{10}{48}$, engrene dans le pignon 12 de la roue d'échappement; ce pignon a 1 lig. $\frac{3\frac{3}{4}}{12}$ de diametre.

Roue d'échappement, 18 dents: diametre; 9 lig. épaiſſeur, $\frac{8}{48}$.

Cercle d'échappement, 3 lig. $\frac{5}{12}$ de diametre.

Les trois rouleaux ont 12 lig. de diametre; épaiſſeur $\frac{8}{48}$, pivots, $\frac{4}{48}$.

Le rochet auxiliaire de la fuſée a 72 dents, diametre 12 lig. $\frac{9}{12}$, épaiſſeur, $\frac{22}{48}$.

Le rochet d'encliquetage de la fuſée a 41 dents, diametre 9 lig. $\frac{2}{12}$, épaiſſeur, $\frac{24}{48}$.

Rochet d'encliquetage du barillet 6 lig. $\frac{1}{2}$, diametre; & 18 dents.

Dimenſions des pivots.

Pivots de fuſée, 1 lig. $\frac{4}{12}$.
De minute 0 lig. $\frac{16}{84}$.
Des heures $\frac{17}{48}$.
Moyenne, $\frac{21}{48}$.
De ſecondes, $\frac{9}{48}$.
D'échappement $\frac{4}{48}$; détente, $\frac{3}{48}$.
Rouleaux, $\frac{5}{48}$.
De balancier $\frac{4}{48}$, celui des rouleaux, $\frac{15}{48}$.
Lame compoſée, $\frac{16}{48}$ d'épaiſſeur acier & cuivre; longueur en action, 19 lignes; largeur 6 lig. $\frac{1}{2}$.

Cercle excentrique compenſateur, 1 lig. diametre; le rouleau, 6 lignes, ſes pivots, $\frac{3}{48}$.

Pivots pince-ſpiral $\frac{5}{48}$; les quarrés portant la boîte & le pince ſpiral $\frac{10}{48}$ d'épaiſſeur.

Le tambour a 38 lig. de diametre en dedans, & 36 lig. de hauteur ſans la batte.

Remarque ſur la petite Horloge, N° 36.

Il ſera toujours préférable d'employer une ſuſpenſion aux petites Horloges à Longitude.

312. On peut, à force de ſoins & de travail, régler une Montre à Longitude par les diverſes poſitions, & nous en avons donné les moyens; mais on ne ſera jamais certain que cet état de perfection dure long-temps; il peut-être troublé par les changements qui arrivent dans les frottements & dans l'état des huiles, & par le balancier lui-même, dont le plus petit atôme peut troubler l'équilibre; ce ſont ces conſidérations qui paroiſſent rendre la ſuſpenſion de l'Horloge ou de la Montre abſolument indiſpenſable : & dans une petite machine, cette ſuſpenſion n'eſt pas d'un grand prix, & elle ne peut-être embaraſſante : d'ailleurs, par ſon moyen, on évite un long travail, celui de régler la Montre par ſes diverſes poſitions, en même-tems qu'elle aſſure la juſteſſe conſtante de la machine.

Les obſervations que je viens de faire m'ont décidé à ajouter une ſuſpenſion à l'Horloge n° 36, auſſitôt qu'elle ſera de retour : voici la diſpoſition de cette ſuſpenſion, qui eſt celle de la petite Horloge n° 1, décrite Chap. IX.

Defcription de la fufpenfion des petites Horloges à Longitude, à reffort.

Planche VI, *fig.* 1.

313. La figure 1, Planche VI, repréfente la fufpenfion de mes petites Horloges à Longitude à reffort; *A*, *B*, *C*, eft le pied formé par trois branches, lequel s'attache par trois vis au fond de la caiffe qui doit renfermer l'Horloge : cette caiffe eft faite de bois de noyer.

314. Sur le corps *D* du pied, qui eft de cuivre fondu, eft fixé le demi-cercle *D*, *E*, *F*, dont les extrémités *E* & *F* portent chacune une vis d'acier trempé, dont le bout terminé en pivot entre dans un trou fait au cercle de fufpenfion *G H*; chaque vis *a* & *b* a un écrou qui fert à fixer la vis après fon bras, afin qu'étant à fon point, elle ne puiffe fe déviffer par le roulement du cercle autour de fa vis.

315. Le cercle de fufpenfion *G H* porte deux vis femblables à celles dont nous venons de parler. Ces vis *I K* font placées à angle droit de celles *D* & *F*; les pivots des vis *IK* entrent dans les trous de deux plaques de cuivre fixées fur le tambour *L*, *M*, *N*, *O*, dans lequel eft placé le mouvement de l'Horloge; *P Q* eft une de ces plaques : l'autre qui eft diamétralement oppofée ne peut être vue.

316. Le tambour peut donc fe mouvoir autour des vis à pivots *I K*, felon le plan des bras *E F* du demi-cercle de fufpenfion, & ce mouvement qui eft le plus borné, doit répondre à celui du *tangage* du vaiffeau : & pendant ce mouvement le cercle de fufpenfion peut auffi fe mouvoir dans un plan perpendiculaire au premier, en tournant fur les vis à pivot *a*, *b*, placés comme nous l'avons dit à angle droit des vis *I K*; ce fecond mouvement répond à celui du *roulis* du vaiffeau; ce font ces deux mouvements combinés qui

forment la ſuſpenſion du tambour & par conſéquent de l'Horloge, & au moyen de laquelle le plan du cadran *Z* de cette machine conſerve conſtamment la même poſition horiſontale, malgré tous les balancements du vaiſſeau.

317. Le tambour *L, M, N, O* eſt fait en cuivre & le fond en eſt ſoudé de même que la virole afin d'empêcher le paſſage du mauvais air extérieur. Sur le fond du tambour eſt fixé en deſſous un cercle *X Y* en plomb, ce qui forme une maſſe qui ſert à ramener le tambour dans la vraie poſition horiſontale.

318. Le demi-cercle *D, E, F* porte en *S* un levier *S T*, qui ſert à ſuſpendre le mouvement du tambour pendant le tranſport de l'Horloge par terre.

Pour cet effet, le levier *S T* porte au milieu *R* de ſa longueur, au deſſous de la maſſe du tambour, une pointe conique, qui entre dans un trou de la maſſe de plomb. Cette pointe conique eſt terminée par une baſe ou plaque, qui ſoutient le tambour; la vis *V* ſert à fixer le levier *S T* ſur le bras *D E* du demi-cercle; par ce moyen, il arrête ſolidement le tambour; pour rendre le mouvement au tambour, on écarte le bout *T* du levier, afin que la pointe conique ne puiſſe plus toucher à la maſſe de plomb.

Notion d'une petite Horloge à Longitude à reſſort, N° 37, réduite d'après N° 36.

319. Depuis que l'on a reconnu la poſſibilité de conſtruire des Horloges à Longitude, & que leur uſage s'eſt introduit dans la Marine, la plupart des Navigateurs ont paru déſirer que ces machines fuſſent réduites à un plus petit volume; pluſieurs mêmes voudroient qu'elles fuſſent aſſez petites, pour être portées dans la poche (a): je me ſuis prê-

(a) On peut voir dans l'introduction à cet Ouvrage, les motifs qui me portent à exclure l'uſage des Montres de poche, pour la détermination des Longitudes à la mer.

té autant qu'il eſt poſſible, à ſatisfaire les Obſervateurs qui ſe ſervent d'Horloge à Longitude, & cet Ouvrage en eſt la preuve ; & c'eſt en ſuivant les mêmes vues que je me ſuis appliqué de nouveau à réduire encore le volume de ma petite Horloge n° 36, & que j'ai conſtruit l'Horloge n° 37, que je vais exécuter. Nous allons donner ici une idée de cette nouvelle Horloge & de ſes dimenſions ; mais nous ne pouvons y joindre des figures ; cet Ouvrage en ayant déja un trop grand nombre : d'ailleurs le Plan de n° 36 en repréſente la diſpoſition.

320. Après avoir établi la néceſſité d'employer une ſuſpenſion pour l'Horloge n° 36 (voy. n° 312,) j'ai vu, en examinant de nouveau cette machine, qu'il n'eſt pas néceſſaire que le balancier faſſe 6 vibrations par ſecondes. Il eſt préférable de faire battre 4 vibrations par ſecondes ; 1°, l'échappement s'exécutera plus facilement & plus sûrement ; il peut être à *détente - reſſort* & *levée - reſſort*, & par-là il eſt beaucoup plus ſimple : 2°, l'aiguille battra les demi-ſecondes, ce qui eſt plus commode pour l'Obſervateur : 3°, la force-motrice, en employant des vibrations plus lentes, en devient plus petite ; enfin, d'après ces diverſes obſervations, la grandeur des roues doit être diminuée, & par conſéquent le volume de l'Horloge en devient plus petit, & il en réſulte qu'ayant des roues plus petites, elles en ſont plus légères ; les pivots peuvent être plus petits, & par conſéquent les frottements en ſeront diminués, & c'eſt particulièrement les frottements des pivots du rouage qui affectent l'étendue des vibrations du balancier, ſoit par le froid, ou par le propre épaiſſiſſement des huiles miſes à ces pivots, lequel ſe fait à la longue, à meſure que l'Horloge marche.

C'eſt d'après les obſervations que nous venons d'expoſer, que j'ai tracé le plan de n° 37, à l'exécution de laquelle je travaille.

Dimenſions

Dimensions de la petite Horloge à Longitude, N° 37.

321. Cette Horloge est composée de quatre platines (*a*) de même que n° 36; mais ces platines sont toutes de la même grandeur, sçavoir 30 lig.

322. Le balancier a 21 lig. de diametre; il doit peser 50 grains, & battre quatre vibrations par secondes; la pointe de son axe roule sur un diamant, ainsi il ne faut pas de ressort pour le suspendre.

323. Le barillet a 11 lig $\frac{8}{12}$ de diametre, mesuré en dehors de la virole, sa hauteur doit être de 7 lignes; le ressort doit tirer 3 onces du levier qui a quatre pouces de rayon.

324. La roue de fusée a 100 dents & 12 lig. $\frac{1}{4}$ de diametre; le pignon de minute dans lequel elle engrene a 20 dents & 2 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre; ainsi la roue de fusée fait un tour en 5 heures : il faut donc 6 tours de corde ou de chaîne, pour que la Montre marche 30 heures, sans être remontée.

325. La roue de fusée porte à son centre le pignon de renvoi des heures : ce pignon a 35 dents & 4 lig. $\frac{7}{12}$ de diametre.

La roue des heures a 84 dents & 10 lig. $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

326. La roue de minute a 128 dents & 12 lignes de diametre; elle engrene dans le pignon de la roue moyenne; ce pignon a 16 dents & 1 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

327. La roue moyenne a 120 dents & 11 lig. $\frac{3}{12}$ de

(*a*) Je me propose même de n'employer que trois platines de même grandeur; les trois rouleaux seront mis en cage sous la 3e platine, par des ponts, de la même maniere qu'on le voit Planche VI, fig. 3 & 4. Voy. la description de cette Horloge à poids, Chapitre XVI; par cette disposition on n'a pas besoin de fendre les platines pour démonter le rouleau & le balancier, & j'en trouve l'exécution plus simple & plus facile.

diametre ; elle engrene dans le pignon de fecondes : ce pignon a 16 dents & 1 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

328. La roue de fecondes a 120 dents & 11 lig. $\frac{3}{12}$ de diametre ; elle engrene dans le pignon de la roue d'échappement ; ce pignon a 16 dents & 1 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

329. La roue d'échappement a 8 lig. de diametre & 16 dents.

330. L'échappement eft à vibrations libres, à *reffort-détente* & *reffort-levée*, tel qu'il eft décrit chap. IV, (n° 69).

331. Les rouleaux ont 10 lig. de diametre.

332. La compenfation à lame compofée comme dans l'Horloge n° 36; voy. Planche III, fig. 1 & 3.

333. Je ne donnerai pas de plus grands détails fur cette petite Horloge, dont la conftruction eft la même que celle de n° 36, à laquelle je renvoie, & dont n° 37 ne differe que par le balancier qui fait quatre vibrations par fecondes, au lieu que celui de n° 36 en fait 6, & par les dimenfions du rouage que je viens de donner.

334. Cette Horloge doit être placée dans un tambour porté par une fufpenfion pareille à celle repréfentée Planche VI, fig. 1.

Defcription d'une fufpenfion plus fimple pour la petite Horloge, N° 37.

Planche VI, *fig.* 5.

335. L'objet principal que j'ai eu en vue dans la conftruction de l'Horloge n° 36, a été de la rendre la plus fimple poffible, & de la réduire au plus petit volume ; & c'eft par cette raifon que je m'étois d'abord propofé de fupprimer la fufpenfion de l'Horloge, mais après mûre réflexion j'ai reconnu que la fupenfion étoit d'une néceffité indifpenfable

(n° 312) & j'ai en conféquence fait graver la fufpenfion, dont j'ai donné la defcription ci-devant (n° 313) ; cette fufpenfion remplit très-bien fes effets, & je n'y trouve que le défaut d'entraîner trop de travail, & d'exiger une caiffe trop grande ; car d'ailleurs elle a l'avantage de pouvoir également fervir dans le vaiffeau étant à la mer , & tenir lieu d'Horloge aftronomique à terre , en la plaçant fur une table ou fur une cheminée : mais comme les Horloges à Longitudes font particuliérement deftinées pour fervir en mer, j'ai cherché les moyens de fimplifier encore la fufpenfion de ces machines, en les réduifant au plus petit volume ; & telle eft la fufpenfion que j'ai deffinée pour la petite Horloge n° 37, que je vais décrire.

336. La figure 5 , Planche VI , repréfente l'Horloge n° 37, placée horifontalement dans fon tambour, fupportée par fa fufpenfion, & telle qu'elle doit être dans la boîte qui contient l'une & l'autre ; *A A* eft la platine-cadran : *B B* eft la lunette qui porte la glace ou cryftal. Cette lunette eft portée par la batte à laquelle eft attachée la platine-cadran, & cette batte eft elle-même attachée par quatre vis au tambour qui contient l'Horloge ; le tambour eft de même grandeur que la lunette.

337. *C*, eft le cadran des heures fixé au-deffus de la platine-cadran par une vis & deux pieds ; *D* eft le cadran des minutes fixé comme celui des heures à la platine-cadran, & *E* eft le cadran de fecondes, également attaché à la platine-cadran par une vis & deux pieds : *F* eft le quarré de fufée qui fert pour remonter le grand reffort-moteur de l'Horloge.

338. *G* & *H* font deux axes fixés fur le tambour & dans une pofition diamétralement oppofée : les bafes de ces axes ou arbres *G*, *H* portent chacune un bout taraudé qui entre dans l'épaiffeur du tambour. Les bouts *a*, *b* de ces arbres font terminés en pivots , lefquels roulent dans les rainures faits au cercle *I I*, lequel eft de cuivre : au moyen de ces

arbres à pivots *G*, *H*, le tambour peut ſe mouvoir autour des points *a* & *b*, & ce mouvement doit répondre à celui du *tangage*.

339. Le cercle de ſuſpenſion *I I*, porte, à angle droit des points *a* & *b*, deux arbres à pivots *K* & *L* : les baſes de ces axes portent des vis qui entrent dans l'épaiſſeur du cercle de ſuſpenſion, ce qui les fixe avec ce cercle; les bouts de ces axes *K*, *L* ſont terminés en pivots, & ils roulent en *c* & en *d* dans les rainures faites aux ſupports, *M* & *O* : les baſes *N* & *P* de ces ſupports ſont attachées chacune ſur un des côtés *Q*, *R*, qui repréſente ici l'épaiſſeur de la boîte qui contient l'Horloge & ſa ſuſpenſion : les vis 1, 2, 3, 4, ſont les vis qui attachent les ſupports *M*, *N* & *O*, *P* à cette boîte; le mouvement du cercle de ſuſpenſion, & par conſéquent du tambour, autour des pivots *c*, *d*, répond à celui du *roulis*.

340. Par la diſpoſition que je viens d'indiquer, on voit que j'ai ſupprimé le demi-cercle & le pied de ſuſpenſion, & que les ſupports *M*, *N* & *O*, *P*, tiennent lieu de ce demi-cercle; ce moyen eſt en même-tems plus ſimple, & il donne moins de hauteur & de largeur à la boîte : car ici la boîte qui contient n° 37, n'a que quatre pouces 3 lig. de largeur & de hauteur en dedans.

341. La boîte qui contient l'Horloge doit porter en dehors une anſe ou main, qui ſervira au tranſport de cette petite Horloge d'un lieu à l'autre, lorſqu'on veut en faire uſage hors du vaiſſeau.

Remarque ſur cette ſuſpenſion.

342. Dans la fig. 5, qui repréſente la ſupenſion que je viens de décrire, je n'ai pas indiqué les pieces de précaution qui doivent retenir les quatre pivots dans leur rainures; mais on peut aiſément y ſuppléer par les moyens que je vais indiquer.

343. Premiérement, pour retenir dans leur rainures les deux pivots *c*, *d* portés par le cercle de ſuſpenſion *I I*, de ſorte que par une agitation du vaiſſeau ces pivots ne puiſſent ſortir de leur place, il faut donner aſſez de profondeur aux rainures des ſupports *N* & *O*, pour placer au-deſſus de chaque pivot une cheville qui le contienne ; cette cheville doit traverſer le ſupport, & être miſe aſſez à force, pour ne pouvoir ſortir que lorſqu'on veut la retirer en ſe ſervant de pinces à goupilles.

344. Secondement, pour maintenir dans leurs rainures les deux pivots *a* & *b*, portés par le tambour, on peut le faire par un moyen également ſimple : c'eſt qu'au lieu de former une rainure pour le pivot *a*, il faut percer un trou tout au bord ſupérieur du cercle *I I*, ce qui retiendra ce pivot ; & pour le pivot *b*, on le recouvrira par un talon attaché par une vis vers *b* : & lorſque l'on voudra ôter le tambour de deſſus ſa ſuſpenſion, il ſuffira de détourner ce talon, & de dégager le pivot *a* de dedans ſon trou.

CHAPITRE XII.

De la premiere Montre à Longitude portative.

Il y a vingt-deux ans que je fis le Plan d'une Montre de poche à Longitude, dont le mouvement fut exécuté en *blanc* : (voy. *Introduction au Traité des Horloges Marines*, pag. xxiv : cet ouvrage eſt reſté depuis lors dans le même état, parce que d'autres travaux m'ont occupé, & que d'ailleurs ce mouvement n'étoit pas aſſez bien fait : enfin, j'ai fait exécuter de nouveau cette machine avec la même conſtruction (à l'échappement près) : voici en gros la diſpoſition & les dimenſions de cette Montre (*a*).

(*a*) Cette Montre eſt terminée depuis 1785 : elle eſt deſtinée pour S. A. R. Monſeigneur le Prince des Aſturies.

345. Elle eſt compoſée d'une cage principale, qui contient 1°, le régulateur ou balancier mobile entre ſix rouleaux, comme dans mes petites Horloges à Longitude; ces rouleaux ſont placés dans deux petites cages contenues dans la grande, comme cela a lieu dans ma Montre Marine, ou n° 3 (décrite *Traité des Horloges*, *n°* 556) : 2° cette cage contient le barillet, la fuſée, la roue des heures, & le cliquet du reſſort auxiliaire.

346. Une troiſieme platine ou fauſſe-plaque forme, avec la platine des piliers de la cage régulateur, une ſeconde cage, dans laquelle eſt placée la roue de minute, la roue moyenne, la roue de ſecondes, la roue d'échappement, & l'échappement même. Cette troiſieme platine porte trois cadrans excentriques, ſçavoir, celui des heures, celui des minutes & celui des ſecondes.

347. Les trois grandes platines ont juſte 24 lig. de diametre, & $\frac{6}{12}$ d'épaiſſeur.

La hauteur de la cage du régulateur eſt de quatre lig. formée par quatre piliers.

Les deux petites platines des cages des rouleaux ont 13 lig. de diametre comme le balancier.

La hauteur des piliers, des cages des rouleaux, eſt de 1 lig. $\frac{3}{12}$; chaque platine porte trois piliers.

Épaiſſeur des petites platines, $\frac{4}{12}$ lig.

Donc intervalle pour loger le balancier, $\frac{10}{12}$ lig.

Les quatre piliers de la fauſſe-plaque, ont 3 lig. de hauteur.

348. Le balancier fait 6 vibrations par ſeconde; il eſt reglé par un ſpiral iſochrone, travaillé de la même maniere que ceux de mes petites Horloges à Longitude.

349. J'applique auſſi à cette Montre le compenſateur iſochrone, afin de ſuppléer à ce qui peut manquer au ſpiral pour le parfait iſochroniſme des vibrations d'inégale étendue.

350. L'échappement eſt celui à vibrations libres, dont la palette & la détente ſont ſuppléées de la maniere que je l'ai décrit ci-devant par une *palette-reſſort* & une *détente-reſſort*. Voy. n° 69, la deſcription de cet échappement.

351. Pour régler facilement cette Montre dans les différentes positions, j'ai placé quatre petites masses à la circonférence du balancier : on peut diminuer à volonté ces masses, sans démonter le balancier.

352. Les heures sont par renvoi comme dans les petites Horloges à Longitude.

353. La compensation du chaud & du froid se fait par un chassis, de même que dans mes grandes Horloges : ce chassis a 16 tringles.

Description de cette Montre à Longitude, portative.

Planche V, *fig.* 6 & 7.

354. La fig. 6, Planche V, représente le dehors de la platine des piliers de la cage du régulateur & du moteur, sur laquelle est tracé le plan du rouage & de l'échappement de cette Montre. Le dehors de cette platine forme avec la platine-cadran, une cage qui contient l'échappement & une partie du rouage; la platine-cadran porte quatre piliers qui entrent dans les trous 1, 2, 3, 4 de la platine *A A*; 5, 6, 7, 8, marquent la position des quatre piliers de la cage du régulateur & du moteur; ils sont placés en dedans de cette platine *A A*; 9, 10, 11 montrent la position des trois piliers de la cage des rouleaux; ils sont rivés sur une petite platine qui est de la grandeur du balancier; cette platine forme avec le dedans de celle *A A*, la cage des trois rouleaux ponctués *a*, *b*, *c*.

355. *B* est le barillet; *C* la roue des heures; *d* le pignon de renvoi qui conduit cette roue; ce pignon est porté par la roue de fusée; *D*, est la roue de fusée, laquelle engrene dans le pignon *e* de la roue de minute *E*; celle-ci engrene dans le pignon *f* de la roue moyenne *F*; la roue moyenne engrene dans le pignon *g*, qui porte la roue *G* de secondes : celle-ci engrene dans le pignon *h*, qui porte la roue d'échappement *H*; le pivot inférieur de la roue *H*

d'échappement roule dans un trou fait à la platine *A A*, & l'autre dans un pont porté par cette platine : ce pont n'eſt pas ici repréſenté.

356. Le barillet *B*, la roue des heures *C*, & la roue de fuſée *D*, ſont mis en cage, dans la cage du régulateur, au moyen de la platine *A A*, & de celle *B B* fig. 7.

357. La roue de minute *E*, la roue moyenne *F*, & la roue de ſecondes *G*, ſont placées dans la cage du rouage formée par le dehors de la platine *A A*, & de la platine-cadran qui n'eſt pas ici repréſenté.

358. *I*, *K*, *L* ſont des portions des cadrans des heures, des minutes & des ſecondes, attachés chacun par une vis & un pied ſur la platine-cadran.

359. Le pignon *d* de la roue de minute paſſe en dedans de la platine *A A* des piliers, pour engrener dans la roue de fuſée ; le pivot de ce côté du pignon roule dans un trou de la platine *B B*, fig. 7, & l'autre pivot roule dans la platine-cadran ; ainſi l'axe de cette roue a toute la hauteur des deux cages du rouage & du régulateur.

360. *M* eſt le cercle d'échappement porté par l'axe du balancier : le balancier eſt ici repréſenté par le cercle ponctué *N N* : ſur le cercle d'échappement *M*, eſt attaché le *reſſort-levée i*, *k*, *l*, d'échappement ; *l*, *m*, *n* eſt le *reſſort-détente* d'échappement ; voy. Chap. IV, n° 69, la deſcription de cet échappement.

361. *P* eſt le pont du rouleau *a*, lequel ſe démonte pour retirer le balancier *p*, *q*, *r*; *S*, la fente faite à la platine *A A*, pour le paſſage du balancier & du rouleau.

362. *B B*, fig. 7, repréſente le dehors de la ſeconde platine de la cage du moteur & du régulateur, ſur laquelle eſt tracé le plan du régulateur & du moteur.

363. 5, 6, 7, 8 ſont les bouts des piliers portés par la platine *A A*, fig. 6 ; le cercle ponctué *A*, fig. 7, indique le barillet : le cercle ponctué *C* la roue des heures, & le cercle ponctué *D* la roue de fuſée : le barillet, la fuſée & la roue des heures ſont mis en cage, comme je l'ai dit, entre

la

la platine *A A*, fig. 6, & la platine *B B*, fig. 7 : *E* eſt le rochet d'encliquetage du barillet placé en dehors de la platine *B B*; & *F* eſt le cliquet attaché ſur cette platine.

364. *N N* eſt le balancier; *G*, *H*, *I* les trois rouleaux mis en cage en dedans de la platine *B B*, & de la petite platine *N N* de même grandeur que le balancier; 1, 2, 3 ſont les piliers qui ſont rivés ſur la petite platine *N N*, & dont les bouts ſont aſſemblés avec la platine *B B*.

365. Les lignes *a*, *b*, *c*, *d* repréſentent le chaſſis de compenſation du chaud & du froid; ce chaſſis eſt composé de 16 tringles, dont 8 en acier & 8 en cuivre. On peut voir dans le *Traité des Horloges Marines* la conſtruction de ce chaſſis, qui eſt ici trop petit pour être repréſenté : il eſt placé à plat parallelement à la platine, comme dans ma premiere Montre Marine, Planche VIII du *Traité des Horloges Marines*; les deux tringles de cuivre du milieu du chaſſis *a*, *b*, *c*, *d*, agiſſent ſur le petit bras *e* du levier *e*, *f*, *g* de compenſation; ce levier eſt mobile en *f* par deux pivots, l'un qui roule dans la platine *B B*, & l'autre dans le pont *f*, *K*, *L* porté par cette platine. Le bras *g* du levier *e*, *f*, *g* agit ſur la vis *h* portée par le bras *k* du pince-ſpiral *i*, *k*; *q*, *i* eſt la boîte qui forme le pince-ſpiral. Le bras *i* porte l'index *l* qui marque ſur la portion du cercle gradué *m* de la platine *B B*, le chemin que le chaud & le froid produiſent dans le méchaniſme de compenſation pour la correction du chaud & du froid; *R* eſt le piton du ſpiral : *q r* le reſſort qui preſſe le ſpince-ſpiral contre le levier *g*, *f*, *e* de compenſation; *M P* eſt le double pont du pince-ſpiral.

366. *Q* eſt le pont du rouleau *G*, il eſt attaché par deux vis ſur la platine *B B*. Ce pont ſert à approcher ou à écarter le rouleau *G* de l'axe de balancier pour lui donner le jeu preſcrit (voy. ci-après Chap. XIX. la méthode que j'emploie pour donner le jeu convenable à l'axe de balancier). Le pont *Q* étant démonté, on peut retirer le rouleau *G*, afin de démonter le balancier au moyen de la fente *n*, *o*, *p* pratiquée aux platines.

367. *G*, *P*, *x*, fig. 7, eſt un bras placé ſous la vis *P* du pont *P q* du pince-ſpiral, le bout *x* de ce bras appuye ſur le reſſort *r q* du pince-ſpiral. L'uſage de ce bras eſt pour augmenter ou diminuer l'action du reſſort & lui donner la tenſion convenable pour rendre les effets de la compenſation parfaitement certains, voy. Chap. XIX, la méthode que j'employe pour trouver ce point.

Dimenſions de ma premiere Montre à Longitude portative.

368. La roue de fuſée fait un tour en quatre heures; elle a 80 dents, & 9 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre. Elle porte le pignon de renvoi des heures; ce pignon a 24 dents & 2 lig. $\frac{11}{12}$ de diametre.

La roue des heures a 72 dents, & 8 lig. $\frac{5}{12}$ de diametre.

La roue de minute a 128 dents & 10 lig. de diametre, ſon pignon eſt de 20.

La roue moyenne a 120 dents & 9 lig. $\frac{4}{12}$ de diametre: ſon pignon a 16 dents.

La roue de ſecondes a 120 dents & 8 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre; ſon pignon a 16 dents.

La roue d'échappement a 15 dents & 7 lig. de diametre; ſon pignon a 10 dents.

Le cercle d'échappement a 3 lig. de diametre; l'arc de levée de l'échappement, eſt de 60 degrés.

Le balancier a 13 lig. de diametre, & peſe 33 grains.

Le reſſort-moteur tire 13 gros.

Le barillet eſt de toute la hauteur de la cage du régulateur.

Dimenſions des Pivots.

Pivots de fuſée 1 lig.
De minute 0 lig. $\frac{12}{48}$.
De roue moyenne, $\frac{7}{48}$.
De ſecondes, $\frac{4}{48}$.
De la roue d'échappement, $\frac{3}{48}$.
Des rouleaux, 0 lig. $\frac{3}{48}$.
Pivot pince-ſpiral, $\frac{4}{48}$.

Le chaſſis a 10 lig. de largeur & 21 lig. de longueur; il eſt compoſé de 16 tringles, 8 d'acier & 8 de cuivre.

CHAPITRE XIII.

Description de la deuxieme Montre à Longitude portative.

369. LA Montre à Longitude portative dont j'ai donné une notion abregée dans le Chapitre XII, étant trop composée, d'une exécution longue & pénible, j'en ai construit une plus simple d'après l'Horloge à Longitude n° 36, dont elle ne differe que par ses dimensions : cette Montre est représentée Planche III, fig. 4 & 5.

370. Cette Montre est composée de deux platines de 25 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre, qui forment la cage du rouage, & de deux petites, de 18 $\frac{1}{2}$ lig. de diametre, qui forment deux cages au moyen de trois piliers à double base; l'une de ces cages sert à placer le balancier (comme dans no 36, fig. 1) & l'autre, pour y loger trois rouleaux : le méchanisme de compensation, à lame composée, est placé au dehors de ces cages.

371. Le balancier fait 6 vibrations par seconde : un de ses pivots (celui inférieur) tourne entre trois rouleaux, & l'autre dans le trou du pont pareil à celui *P O*, fig. 1.

372. Les deux petites platines sont fendues jusques à leur centre, afin de pouvoir démonter le balancier en ôtant un rouleau : cette disposition est commode pour augmenter ou diminuer à volonté le poids du balancier, & pour régler la Montre par ses diverses positions, au moyen des masses &c.

373. *A A*, fig. 4, représente le dehors de la platine-cadran, sur cette platine sont rivés les piliers 1, 2, 3, 4; *B* est le barillet, *C* le rochet d'encliquetage du grand ressort, cet encliquetage est placé au dehors de la platine-cadran; de même que le cadran *O* des heures; celui *M* de minutes & celui *S* de secondes : *G* est la roue des heures, *a* le pignon porté par le centre de la roue de fusée *F*: ce pignon *a* mene la roue des heures; *e* est le pignon de minute;

H la roue de minute ; *I* la roue moyenne & *g* son pignon ; *K* la roue de secondes & *h* son pignon ; *L* la roue d'échappement & *l* son pignon ; *Q l* le pont de cette roue ; *m q* le cercle d'échappement ; *o n* la detente ; *f* son pont : *m p q* le *reſſort-levée* d'échappement porté par le cercle *m* : *P o* le pont du pivot ſupérieur du balancier ; *r* le reſſort de la détente *o n* d'échappement : *f* eſt le plot du garde-chaîne, *f d* la direction du garde-chaîne, *d* le crochet de fuſée ; *E* le cliquet du rochet auxiliaire ; *N C* le rochet d'encliquetage de la fuſée ; 5, 6, 7 les bouts des pivots de la cage du balancier & des rouleaux.

374. *B B*, fig. 5, repréſente le dehors de la ſeconde platine du rouage ; 4, 5, 6, 7 ſont les pivots des piliers de la cage du rouage ; *C* la platine des piliers de la double cage des rouleaux & de balancier ; *M M* le balancier ; 1, 2, 3 les rouleaux ; 8, 9, 10 les piliers à double baſe.

375. La diſpoſition de la compenſation étant la même dans cette Montre, que dans la petite Horloge n° 36. Je ne l'ai pas répétée dans la fig. 5. Il faut donc recourir à la fig. 3, Planche III, où *A d* repréſente le pont de la lame de compenſation ; ce pont porte en *d* une plaque qui ſert de machoire pour fixer le bout *S* de la lame *S T*; le bout *T* de la lame porte une vis *z* dont le bout agit ſur le bras *y* du pince-ſpiral *x y* ; la vis *z* ſert à former la compenſation par l'action de la lame qu'elle communique au pince-ſpiral, & en même tems ; en tournant cette vis de droite ou de gauche, on règle la Montre au plus-près ; *V Y* eſt le pont du pince-ſpiral.

Dimenſions du rouage.

376. La roue de fuſée a 80 dents & 9 lig. $\frac{8}{12}$ de diametre ; elle engrene dans le pignon de minute de 20 dents & 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

La roue de fuſée porte à ſon centre le pignon de renvoi des heures ; ce pignon, qui eſt en cuivre, a 24 dents & 2 lig. $\frac{11}{12}$ de diametre.

La roue des heures a 72 dents & 8 lig. $\frac{5}{12}$ de diametre.

La roue de minute de 128 dents, & de 10 lig. de diametre engrene dans le pignon 16 de la roue moyenne; ce pignon a 1 lig. $\frac{3\frac{1}{4}}{12}$ de diametre.

Roue moyenne, 120 dents; diametre, 9 lig. $\frac{4}{12}$; engrene dans le pignon 16, de secondes; ce pignon a 1 lig. $\frac{3\frac{3}{4}}{12}$ de diametre.

Roue de secondes 120 dents, diametre 9 lig. $\frac{4}{12}$.

Roue d'échappement 15 dents, son pignon 10.

Hauteur des piliers.

Du rouage, 4 lig.

Du balancier, 2 lig.

Des rouleaux, 2 lig. $\frac{1}{2}$.

CHAPITRE XIV.

Horloge à Longitude, N° 35.

Planche IV.

377. CETTE Horloge est particulièrement destinée pour servir aux vaisseaux Marchands : j'ai eu deux objets en vue en la construisant ; le premier, d'employer les moyens les plus simples, ensorte qu'elle puisse être exécutée en entier par un bon Ouvrier en pendule ; le deuxieme, d'obtenir de cette machine toute l'exactitude requise pour la conduite du vaisseau, par la nature même de ses principes, & indépendamment de l'extrême perfection de la main d'œuvre, afin qu'une telle Horloge ne soit pas d'un grand prix.

378. Cette Horloge est à ressort égalisé par une fusée ; le balancier fait deux vibrations par seconde ; l'aiguille bat les secondes ; l'échappement libre de la construction la plus simple ; la compensation du chaud & du froid par un chassis

composé de 7 tringles seulement : le compensateur est ajouté à cette machine, afin d'arriver plus promptement à l'isochronisme des vibrations. On peut faire usage avec cette Horloge de la table des arcs & de la température. Le mouvement doit être placé dans un tambour porté par une suspension pareille à celle représentée *Traité des Horloges Marines*, Planche XXVI, fig. 2.

379. La Planche IV, fig. 1, représente le profil du mouvement composé de trois grandes platines ; les deux premieres *A A*, *B B*, forment la cage du rouage ; les deux platines *B B*, *C C*, forment la cage du balancier.

Le mouvement est en outre composé de deux petites cages particulieres qui contiennent six rouleaux entre lesquels tournent les pivots du balancier : on peut au besoin faire exécuter ces deux cages & leurs rouleaux séparément par un Ouvrier en Montre.

380. *D* est la roue de fusée qui fait un tour en 12 heures ; le canon sur lequel cette roue est rivée, porte à frottement le cadran *E* des heures : le canon *a* de ce cadran est fendu pour former le frottement : *b* est le rochet auxiliaire : *c* le ressort qui sert à faire marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte (*a*) : *d* le rochet d'encliquetage de la fusée : *F* est la fusée, *e* son crochet, *a a* le quarré de remontoir.

La roue de fusée *D* engrene dans le pignon *f* de minutes, dont le pivot prolongé *g* porte l'aiguille ; *G* est la roue de minutes fixée sur l'axe du pignon *f g* ; elle engrene dans le pignon *h* de la roue moyenne : l'axe du pignon *h* porte la roue moyenne *H* : celle-ci engrene dans le pignon *i* qui porte la roue de secondes *I* dont le pivot prolongé *k* porte l'aiguille : la roue de secondes *I* engrene dans le pignon *l* d'échappement ; *m* est le cercle d'échappement, lequel porte un canon qui le fixe par une goupille au bout du pivot supérieur du balancier ; le cercle porte en *n* un petit pont

(*a*) Voy. *Traité des Horloges Marines*, N° 811, la description de ce méchanism

formant la machoire à laquelle eſt attachée le reſſort de ſuſpenſion *n o* du balancier : le bout *o* du reſſort eſt fixé à une ſeconde machoire *p* portée par le pont de ſuſpenſion attaché par ſon pied au-deſſus de la platine *B B*.

q, *r* ſont les deux platines de la cage ſupérieure des rouleaux; 1, 2, 3 ſont les rouleaux; *s*, eſt le pivot de balancier qui ſe meut entre ces trois rouleaux: cette cage eſt fixée par deux vis à la platine *B B* : *t*, *u* ſont les deux platines de la cage inférieure des rouleaux; 4, 5, 6 ſont les rouleaux : *v* eſt le pivot inférieur du balancier qui ſe meut entre ces trois rouleaux : le bout prolongé du pivot *v* de balancier porte leſpiral *M* attaché ſur la virole *x*.

381. *N N* eſt le balancier attaché par trois vis ſur l'aſſiette *O*, laquelle eſt fixée ſur l'axe *v s* du balancier.

Au-deſſous du balancier eſt attaché ſur ſon axe l'excentrique *y*, vu en perſpective, fig. 5 : c'eſt ſur cet excentrique qu'agit le petit rouleau *z* porté par la chappe *P* ; ſur cette chappe eſt attaché le bout 7 de la lame du reſſort compenſateur ; pour cet effet, le bout 7 du reſſort eſt fendu pour entrer ſous les têtes de deux vis portées par la patte de la chappe; le bout 8 de la même lame eſt fixé au pont à machoire *Q*.

Le rouleau, le reſſort, la chappe & le pont ſont vus en perſpective fig. 5 : 9, 10 & 11, 12 repréſentent deux des piliers de la cage du rouage ; 13, 14 & 15, 16 deux des piliers de la cage du balancier.

382. La fig. 2 repréſente le dehors de la platine *A A* des piliers du rouage, ou *platine-cadran*, ſur laquelle eſt tracé le plan du rouage & de l'échappement : *B* eſt le barillet : *C* le rochet d'encliquetage du grand reſſort ; ce rochet & l'encliquetage doivent être placés au dehors de la platine-cadran : *E* eſt une portion du cadran des heures qui paroît à travers l'ouverture faite à la platine-cadran : *M* eſt une portion du cadran de minute, & *N* de celui de ſecondes : *D* eſt la roue de fuſée ; *b* le rochet du reſſort auxiliaire ; *d* le rochet d'encliquetage de la fuſée ; *e* le crochet de la fuſée ; *a* le plot du garde-chaîne *a e*, & *g* le reſſort ; *c b* le cliquet du rochet auxiliaire; 4, 5, 6, 7 ſont les piliers de

la cage du rouage rivés ſur la platine *A A* ; 8, 9, 10 les bouts des piliers de la platine du balancier.

383. *G* eſt la roue de minute ; *f* ſon pignon ; *H* la roue moyenne, *h* ſon pignon ; *I* la roue de ſecondes, *i* ſon pignon ; *K* la roue d'échappement, & *l l* ſon pignon ; *m* le cercle d'échappement, *n o* le *reſſort-détente*, *p* le *reſſort-levée* d'échappement : *L* le pont du reſſort de ſuſpenſion du balancier ; *T* un pont de précaution pour empêcher le balancier de remonter & de faire caſſer le reſſort de ſuſpenſion ; *R* eſt le pont de la roue d'échappement ; *P* eſt une portion de la platine du balancier graduée en degrés pour connoître l'étendue des arcs de vibrations : *Q* eſt un pont de précaution pour garantir le pivot de la roue de ſecondes lorſqu'on remonte le mouvement, ſans cela cette roue pourroit être accrochée par le bout du pont *R* de la roue d'échappement.

384. *C C*, fig. 3, eſt le dehors de la platine du balancier ſur laquelle ſont rivés ſes trois piliers ; *d*, *e*, *f*, *g* ſont les places des bouts des piliers de la cage du rouage qui s'aſſemblent avec la ſeconde platine (*B B*, fig. 1) : *u u* les platines de la petite cage des rouleaux attachées par deux vis à la platine *C C* ; 4, 5, 6 ſont les rouleaux : *N N* le balancier : *P z* la chappe & le rouleau du compenſateur : 7, 8 le reſſort, *Q* le pont portant la machoire *h i* qui fixe ce reſſort ; *y* eſt l'excentrique ſur lequel agit le rouleau *z* pour amener les vibrations à l'iſochroniſme ; *l* eſt une portion du ſpiral attaché en *m* au piton *m M*.

385. *A B* eſt le chaſſis de compenſation attaché en *A* au pont *A D* : *o p* le grand levier de compenſation mobile en *o* ; le petit bras *q* de ce levier appuye ſur le bout de la tringle du milieu du chaſſis ; le grand levier *p* appuye ſur le bout de la vis *r* portée par une boîte attachée au bras *s* du pince-ſpiral *ſ*, *t* ; la boîte *v* du pince-ſpiral eſt fendue en deſſous pour le paſſage du ſpiral ; *E*, *p*, *y* eſt le pont du pince-ſpiral.

386. La fig. 4, repréſente le chaſſis de compenſation en plan ; ſur la traverſe *A B* ſont fixés les bouts des tringles de

de cuivre : & ſur la traverſe *C D* ſont fixés les bouts *c d* des mêmes tringles ; ſur la traverſe *C D* ſont auſſi fixés par des chevilles les bouts *e f* des tringles d'acier ; les autres bouts des mêmes tringles ſont fixés à la traverſe *E* ; celle-ci porte de même les bouts *g h* des tringles de cuivre dont les bouts oppoſés des mêmes tringles ſont fixés par deux chevilles à la traverſe *F* ; enfin à celle-ci eſt fixé le bout *i* de la tringle d'acier du milieu : l'autre bout de la même tringle paſſe librement à travers les traverſes *E*, *F*, *A*, *B*, pour aller agir ſur le petit bras du levier de compenſation.

Les tringles doivent avoir 1 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre.

Dimenſions du Rouage.

387. Les trois platines ont 54 lig. de diametre.

Hauteur des piliers, cage, rouage, 15 lig.

De la cage du balancier, 9 lig.

La roue de fuſée a 29 lig. de diametre & 240 dents.

Roue de minute, 160 & 19 lig. $\frac{1}{3}$.

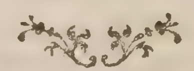
Roue moyenne, 150 & 18 lig.

Roue de ſecondes, 120 & 14 lig. $\frac{1}{2}$.

Roue d'échappement, 10 dents.

Les quatre pignons ſont de 20, & 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diametre.

Le balancier, 44 lig. de diametre : le ſpiral étant de même force que celui de n° XXV, le balancier peſera 486 grains; ſes pivots de $\frac{14}{48}$ de diametre : les autres pivots des dimenſions de ceux de l'Horloge n° XXIV, (n° 182).



CHAPITRE XV.

De la conſtruction d'une Montre Marine la plus ſimple pour les vaiſſeaux marchands, les pivots de balancier tournant dans des trous ſans rouleaux.

388. L'APPLICATION des rouleaux au régulateur d'une Horloge à Longitude eſt un moyen précieux pour réduire ſes frottements : mais comme cette application exige un travail aſſez conſidérable ; il paroît néceſſaire d'examiner comment on peut ſupprimer les rouleaux, & quelle doit être dans ce cas, la diſpoſition de la machine pour en obtenir encore aſſez de juſteſſe, & pouvoir être employée dans les uſages ordinaires de la navigation & ſur-tout pour ſervir aux vaiſſeaux Marchands. C'eſt dans cette vue que je conſtruiſis en 1777, & fis exécuter la même année une Horloge à reſſort, dont les pivots de balancier tournent dans des trous. Cette Horloge eſt déſignée par n° 7.

389. Le balancier de cette Horloge (n° 7) a 27 lig. de diametre, & fait quatre vibrations par ſecondes ; il eſt ſuſpendu par un reſſort & peſe 92 grains ; les pivots ont $\frac{10}{41}$ lig. de diametre ; le balancier décrit des arcs de 160 degrés.

L'échappement eſt à vibrations libres, ainſi l'aiguille des ſecondes bat les demi-ſecondes.

La compenſation eſt à chaſſis comme dans mes grandes Horloges.

Le reſſort eſt égaliſé par une fuſée, & tire 13 onces à 4 pouces du centre : la roue de fuſée fait un tour en 12 heures ; elle porte le cadran des heures.

Cette Horloge eſt horiſontale & maintenue dans cette poſition par une ſuſpenſion comme mes autres Horloges.

390. En conſtruiſant cette machine, j'avois ſur-tout en

vue de la faire servir à mes expériences particulières, & de ne l'envoyer en mer qu'après des épreuves certaines : je vais rapporter quelques-unes de ces expériences, lesquelles doivent servir à fixer les dimensions d'une Horloge, dont le régulateur n'a pas de rouleaux.

391. La premiere observation que l'on doit faire sur cette Horloge, c'est que la force motrice est fort grande, relativement au peu de puissance du régulateur, ce qui prouve combien les frottements des pivots de balancier sont grands : car si on compare la force de mouvement du balancier de n° 7 à celle du balancier de n° 4 dont les pivots tournent entre des rouleaux, on trouvera que la puissance de n° 4 est à celle de n° 7, comme 21 est à 2, tandis que la force motrice de n° 4 est à celle de n° 7, comme 93 est à 52 : voy. la forme de ce calcul, *Traité des Horloges Marines*, n° 1445 *& suiv.*

392. Lorsque cette Horloge eût marché quelque tems, j'examinai les pivots du balancier ; j'en trouvai un qui étoit marqué & l'huile noircie, ce qui prouve que le balancier est encore trop pesant pour n'avoir pas de rouleaux.

393. Je fis aussi marcher l'Horloge en l'inclinant de 10 degrés : les arcs de vibrations diminuoient tout de suite.

394. Quant à la marche de l'Horloge, elle a été assez irrégulière, pour que je me sois décidé à ne pas faire usage de cette machine.

395. Maintenant je pense cependant qu'en construisant une nouvelle Montre, on pourroit encore obtenir assez de justesse quand même les pivots de balancier rouleroient dans des trous ; mais pour cela il faut que le balancier soit beaucoup plus petit & plus léger que celui de n° 7 ; je vais en proposer la construction & les dimensions.

396. Le balancier doit être horisontal, & la pointe du pivot inférieur doit rouler sur un diamant.

Pour conserver la Montre dans cette position horisontale, il seroit à propos d'employer une suspension mais plus simple ;

le mouvement doit être placé dans un tambour chargé d'un poids, &c.

En donnant peu de puiſſance au balancier, il faut réduire le rouage à proportion, & tenir les roues légères.

Le balancier devra faire quatre vibrations par ſecondes, & être du poids de 40 grains au plus.

Deſcription de la Montre Marine horiſontale ſans rouleaux.

Planche II.

397. La fig. 7 repréſente la platine-cadran, ou des piliers, ſur laquelle eſt tracé le plan de la Montre.

398. Le mouvement de cette Montre eſt diſpoſé de la même maniere que ceux des Montres à Longitude; les cadrans des heures, des minutes & des ſecondes ſont excentriques, & portés par la platine des piliers; la roue de fuſée doit être diſpoſée comme celle des Horloges à Longitude, avec un méchaniſme pour faire marcher la Montre pendant qu'on la remonte, ou bien on peut ſuppléer ce méchaniſme par une détente diſpoſée comme dans ma premiere Montre Marine. Voy. *Traité des Horloges*, Planche VIII, fig. 2, & N° 581.

399. Cette Montre eſt compoſée de deux platines de 30 lig. de diametre, qui forment la cage du rouage, au moyen de 4 piliers de 9 lig. de haut.

A, *A* eſt la platine-cadran; 1, 2, 3, 4, les piliers rivés ſur cette platine; *B* le barillet, qui doit contenir le reſſort moteur; *C* le rochet d'encliquetage du reſſort-moteur; *D* la roue des heures; *E* le cadran; la roue *D* a 84 dents, & 10 lig. de diametre; le pivot prolongé de l'axe de cette roue porte l'aiguille des heures; *F* eſt le pignon de renvoi, lequel, porté par la roue de fuſée, conduit la roue des heures. Ce pignon a 35 dents & 4 lig. $\frac{2}{10}$ de diamètre : *G* eſt la roue de fuſée, elle a 80 dents & 12 lig. $\frac{1}{12}$ de diamètre; elle en-

grene dans le pignon *a* de minute; ce pignon a 16 dents & 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre, le pivot prolongé de ce pignon porte l'aiguille des minutes : *H* en eſt le cadran ; *I* eſt la roue de minute, elle a 96 dents & 12 lig. de diamètre; elle engrene dans le pignon *b* de la roue moyenne; ce pignon eſt de 12, il a 1 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre.

K, eſt la roue moyenne, elle a 90 dents & 11 lig. $\frac{3}{12}$ de diamètre ; elle engrene dans le pignon *c* de ſecondes, qui a 12 dents & 1 ligne $\frac{1}{2}$ de diamètre ; le pivot prolongé de ce pignon porte l'aiguille de ſecondes; *L* eſt la roue de ſecondes, elle a 80 dents & 10 lig. de diamètre; *M* eſt le cadran de ſecondes : la roue de ſecondes *L*, engrene dans le pignon *d* d'échappement ; ce pignon a 10 dents & 1 lig. $\frac{3}{12}$ de diamètre.

400. La roue d'échappement *N*, eſt placée à fleur du dedans de la ſeconde platine ; *O*, eſt le pont de cette roue; *efg*, la détente-reſſort d'échappement; *fh i*, *le reſſort-levée* d'échappement; ce reſſort eſt fixé par la vis *i*, ſur le cercle d'échappement *if*; *P* eſt le pont de l'axe du balancier attaché en dedans de la ſeconde platine. Il faut ici employer un pont de précaution, pour garantir les pivots de la roue de ſecondes, lorſqu'on remonte le rouage. (Voy. ci-devant n°s 307 & 383).

401. Le balancier a 20 lig. de diamètre, il peut peſer de 30 à 40 grains.

Le ſpiral peut être trempé, plié; il devra faire 6 tours, la lame travaillée comme celle des ſpiraux des Montres à Longitude.

402. Planche II, fig. 8, repréſente les dehors de la ſeconde platine du rouage; elle porte le balancier & le méchaniſme pour la correction du chaud & du froid.

BB, eſt la platine; 1, 2, 3, 4, les bouts des pivots des piliers ; *CC*, eſt le balancier.

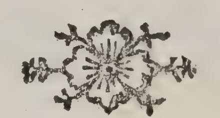
DE, eſt le pont du balancier & du pince-ſpiral ; la patte *D* eſt attachée à la platine; *E*, eſt le pont du pince-ſpiral,

& *F* le coqueret qui porte le pivot inférieur du balancier. Le double pont *DE* eſt vu de profil, fig. 9.

403. *De* fig. 9 eſt le premier pont, lequel s'attache à la platine ; le bout *e* reçoit le pivot *e* de l'axe *de* du pince-ſpiral, le pivot *d* entre dans le trou fait en *d* au deuxieme pont *Ed*; le bras *b* ou palette du pince-ſpiral *ab*, eſt celui ſur lequel agit la vis de la lame compoſée ; le bras *a* porte la boîte *ca*, fendue en *a*, pour le paſſage du ſpiral. C'eſt le mouvement de cette partie *a*, qui forme la compenſation, en rendant le ſpiral plus long ou plus court; le coqueret *f* reçoit le pivot du balancier. L'axe du balancier paſſe, comme j'ai dit, dans le trou de l'axe *de*, du pince-ſpiral, cet axe étant formé par un canon : au-deſſus du coqueret *f*, qui eſt en cuivre, doit être placé le diamant ou rubis, pour recevoir le bout du pivot de balancier; c'eſt celui-ci qui devient celui d'en-bas, lorſque la Montre eſt placée horiſontalement, le cadran en haut.

404. *A b* fig. 8, eſt le pince-ſpiral, & *b* le levier, ſur lequel agit la vis *c* de la lame compoſée; *G H* eſt le pont à machoire, ſur lequel cette lame eſt fixée.

405. Le ſpiral doit être placé, comme je l'ai dit, tout près du balancier *C C*, & au-deſſus. Le pont *E* paſſe au-deſſus du ſpiral, ainſi le piton *h* doit deſcendre au-deſſous du pont. Pour cette effet, il faut que ce piton porte un talon, pour aller gagner la hauteur du ſpiral : ce piton peut être diſpoſé comme ceux des Horloges à Longitude & fixé par une vis : & tel étoit celui de ma ſeconde Montre Aſtronomique.



CHAPITRE XVI.

Horloge à Longitude horiſontale à poids, de la conſtruction la plus ſimple, & réduite au plus petit volume.

406. J'AI traité ci-devant des principes & de la conſtruction des petites Horloges à Longitude à reſſort (*a*), & j'ai reconnu par des épreuves ſûres, que ces machines peuvent remplir l'objet de leur deſtination ; mais malgré leur ſuccès, j'inſiſterai toujours ſur la préférence que méritent les Horloges à poids (*b*). Les accidents arrivés à celles-ci, dans le tranſport par terre, de Paris à Breſt, ou au retour, ne peuvent faire renoncer à leur uſage : elles préſentent trop d'avantages pour les abandonner. Je vais donc de nouveau m'occuper de la conſtruction d'une Horloge à poids, dans laquelle j'eſpere vaincre toutes les difficultés qui s'oppoſent à la facilité du tranſport de ces machines ; & je tâcherai de réunir dans celle-ci, tous les moyens de perfection que l'expérience & l'étude m'ont acquis, en m'appliquant ſurtout à la ſimplifier autant qu'il eſt poſſible, & en la réduiſant au plus petit volume. Mais avant d'en tracer la compoſition & les dimenſions, je dois parcourir ici les défauts que j'ai reconnus dans mes anciennes Horloges à poids.

407. 1°. Les *Horloges Marines* à poids, que j'ai conſtruites & exécutées juſqu'à préſent, ſont d'un trop grand volume, trop peſantes & embarraſſantes, enſorte que, pour les porter à Breſt, j'ai été obligé pendant la guerre de les envoyer par les voitures publiques ; de-là les accidents, au

(*a*) Chapitre IX.
(*b*) *Traité des Horloges Marines*, N° 315.

lieu que réduites à un plus petit volume, on les eût transportées dans des chaises de poste, comme celles à ressorts.

408. 2°. Les balanciers de ces Horloges sont beaucoup trop pesants, ce qui les expose dans le transport par terre, à casser les pivots des rouleaux, & à la mer, les rend trop susceptibles des commotions de l'artillerie du vaisseau.

409. 3°. La force de mouvement du balancier étant fort grande, la force motrice en a dû être augmentée à proportion, & de-là l'augmentation de volume de l'Horloge, &c.

410. 4°. Par une suite de cette grande puissance du Régulateur, & de la force motrice, les roues sont plus grandes, plus pesantes, & par conséquent, causent plus de frottemens, &c.

411. 5°. Le méchanisme de compensation, dans ces grandes Horloges, est nécessairement de plus grandes dimensions & plus pesant : l'Horloge est par là plus exposée à tous les effets des agitations. Or, en réduisant la puissance du Régulateur, on peut employer la lame composée en place du chassis : ce moyen est beaucoup plus simple ; &, étant bien exécuté, il est aussi sûr.

412. 6. Des expériences décisives & souvent répétées m'ont appris que les arcs de vibrations du balancier diminuent à la longue, & plus ou moins, selon la qualité des huiles ; ensorte que, malgré que le spiral ait été jugé sensiblement isochronisme, cependant comme cet isochronisme n'a lieu que dans des arcs qui different peu entr'eux, il s'ensuit des variations dans l'Horloge.

413. 7°. Deux défauts qui ont lieu dans les Horloges à poids, que j'ai corrigés dans mes nouvelles Horloges à ressort. C'est 1°. Les roues de cylindre ; de minute & roue moyenne, tournoient sur les portées des pivots, ce qui causoit un très-grand frottement, qui creusoit même les platines : de même les poids des leviers & pinces-spiraux de compensation rouloient sur leurs portées ; 2. Les ponts de suspension du balancier, & les piliers de la cage du Régulateur, étoient en cuivre, tandis que l'axe du balancier & le ressort de

de ſuſpenſion de balancier étant d'acier, il en réſultoit des dilatations différentes qui rendoient le ſpiral, tantôt libre, & tantôt forcé.

414. Dans toutes mes Horloges à poids, les piliers de la cage du poids ſont attachés à la platine inférieure de la cage du Régulateur, enſorte que les ſecouſſes du poids ont dû tendre à faire fléchir cette platine, qui d'ailleurs eſt fendue pour le paſſage du balancier. Et ces effets ont dû néceſſairement changer la compenſation, & même ont mis le ſpiral dans divers états forcés, ce qui a pu produire deux nouvelles cauſes de variation.

415. Par tout ce qui précede, on voit que la plupart des obſtacles dont nous venons de parler dans les Horloges à poids, ſont cauſés par la trop grande force des reſſorts ſpiraux, ou puiſſance de mouvement du Régulateur : car cette force étant donnée, le balancier devient plus peſant, le poids moteur a plus de peſanteur, & plus de deſcente, les roues doivent être plus grandes & plus peſantes; le méchaniſme de compenſation plus grand & delà le volume de l'Horloge plus grand. En général dans les Horloges Marines, faites ſur les mêmes principes, les quantités de force motrice augmentent dans la même proportion que les forces des reſſorts ſpiraux, dont les balanciers décrivent des arcs ſemblables, ou ce qui revient au même, comme les quantités de mouvement des balanciers; ainſi, lorſque la force de mouvement d'un balancier eſt quatre fois plus grande que celle d'un autre balancier, la force motrice eſt auſſi quadruple, ou très-approchant.

Pour réduire le volume de l'Horloge, & vaincre tous les obſtacles ci-deſſus énoncés, il ſuffit donc de diminuer la puiſſance du Régulateur, & proportionnellement toutes les parties qui conſtituent l'Horloge, & on réunira la même exactitude à plus de commodité, & moins d'accidens, ſoit dans ſon tranſport par terre, ſoit qu'à la mer elle ſoit expoſée aux commotions de l'artillerie du vaiſſeau. Nous donnerons ci-

après la construction & les dimensions de cette nouvelle Horloge, lorsque nous aurons établi quelques principes & observations qui peuvent être utiles aux Horloges & aux Montres à Longitude en général.

ARTICLE I.

Des limites de la force de mouvement du Régulateur des Horloges à Longitude.

416. Les épreuves qui furent faites de l'Horloge Marine, N° 8, en 1768, me firent connoître que les arcs de vibrations avoient eu une grande diminution, causée par l'épaississement des huiles. Je cherchai à éviter ce défaut, en construisant les grandes Horloges N°s 9, 10, 17, &c. dont le Régulateur avoit une plus grande force de mouvement : mais diverses expériences m'ont fait reconnoître depuis, que cette diminution dans les arcs, dépend moins de la quantité absolue de la force de mouvement du Régulateur, que de la nature même des huiles & des frottemens, qui, dans les grandes Horloges, augmentent, ainsi que je l'ai appris trop tard, dans le rapport même de la force de mouvement, à cause des obstacles de la matiere, & que les pesanteurs, & par conséquent, les frottemens croissent à peu-près comme les forces. C'est donc en bien pure perte, que j'ai fait de si grandes Horloges d'une exécution pénible, d'une grande dépense, & auxquèlles j'ai employé tant de temps. D'autres expériences fort nombreuses m'avoient aussi fait reconnoître que les arcs de vibration du balancier, devenoient plus petits par le froid, ensorte que c'étoit une nouvelle raison pour devoir juger l'augmentation de force de mouvement absolument nécessaire; cependant, d'après les expériences les plus sûres & souvent répétées, j'ai toujours trouvé que les arcs diminuent par le froid, soit que l'Horloge ait un grand Ré-

gulateur puiſſant, ſoit que ſa force ſoit beaucoup plus petite (*a*) : que ce ſoit une Horloge à vibration lente, comme N° 8, ou prompte comme N° 6 : la quantité de diminution des arcs eſt ſenſiblement la même dans les unes & dans les autres, avec les huiles de même qualité.

417. Ces diverſes conſidérations & expériences me ramenent naturellement à ce principe, *que ce n'eſt pas la quantité abſolue de la force de mouvement d'un Régulateur, qui détermine la juſteſſe conſtante de l'Horloge, mais que cela dépend du rapport entre la force de mouvement du Régulateur, & la quantité de frottement & de réſiſtances des huiles, &c.* (*Traité des Horloges Marines*, N°s 76 & 128).

418. De ce qui précede, il ſuit qu'il y a dans une machine qui meſure le temps par un balancier, une force moyenne pour former un bon Régulateur, & telle eſt celle du Régulateur de l'Horloge n° 8 à poids, (*b*) & de ceux des petites Horloges, n°s XXV, XXVII, XXXVI, dont j'ai donné la deſcription ci-devant.

419. Les conſidérations que je viens d'énoncer, ne ſont pas les ſeules qui doivent établir la préférence d'une force de mouvement moyenne dans le Régulateur d'une Horloge Marine ; une autre également puiſſante naît des agitations du vaiſſeau & des commotions de l'artillerie ; car plus le balancier ſera grand & peſant, plus les agitations & commotions doivent en altérer le mouvement.

420. Une autre raiſon, c'eſt que les machines grandes & peſantes ne ſont point portatives, étant expoſées à tous les accidens du tranſport par terre.

421. Une obſervation eſſentielle qu'il faut encore faire ici, relativement à une Horloge dont les vibrations ſont à demi-ſecondes, c'eſt que ce n'eſt point tant la nature des vibrations lentes ou promptes en elles-mêmes, qui détermine abſolument la propriété d'un Régulateur, pour n'être pas ſuſ-

(*a*) J'entends ici que l'Horloge ait une force de mouvement moyenne, car ſi elle étoit fort petite, comme dans les Montres, l'effet ſeroit encore plus ſenſible.

(*b*) Décrite, *Traité des Horloges Marines.*

ceptible des agitations. Car j'ai fait des Montres de poche dont le balancier faisoit des vibrations de demi-secondes, qui n'étoit cependant pas susceptible des agitations, parce que ces balanciers étoient légers, & décrivoient de très-grands arcs : un balancier grand & pesant, qui feroit 6 vibrations par secondes, seroit donc, en effet, plus susceptible des agitations, qu'un balancier petit & léger, qui feroit deux vibrations par seconde; en un mot, le plus ou moins d'effet des agitations dépend plus particuliérement de l'inertie propre au balancier, indépendamment de la nature de ses vibrations. On peut donc parvenir à avoir un excellent Régulateur petit & léger à vibrations lentes, si on diminue les frottemens & résistances des huiles dans le même rapport de la diminution de puissance du Régulateur, (voy. *Traité des Horloges Marines*, N° 128.)

ARTICLE II.

Du méchanisme de la compensation.

422. Parmi les divers moyens qui servent de base à la constante justesse des Horloges & des Montres à Longitude, ceux qui sont les plus essentiellement importants, sont 1°, que le Régulateur soit tellement construit & exécuté, que l'étendue des vibrations du balancier soit toujours la même (*a*); 2° que les oscillations d'inégales étendues décrites par le balancier, soient isochrones (*b*); 3° enfin que le méchanisme des compensations du chaud & du froid soit parfaitement immuable, c'est-à-dire, que ses effets soient constamment les mêmes. J'ai suffisamment traité des deux premiers articles; je ne m'arrêterai qu'au troisieme, qui exige encore quelques ob-

(*a*) *Traité des Horloges Marines*, N° 74.
(*b*) *Traité des Horloges Marines*, N° 138.

ſervations particulieres ſur leſquelles je vais de nouveau inſiſter.

423. La premiere, c'eſt que le moyen de correction du chaud & du froid, ſoit tel que par tous les paſſages du chaud au froid, ou du froid au chaud, le méchaniſme revienne rigoureuſement au même point, enſorte que l'Horloge ou la Montre qui étoit réglée à 15 dégrés de température, je ſuppoſe, ſoit encore réglée par ce même degré, lorſque la machine aura éprouvé dans l'intervalle de grands froids, ou de grand chauds : car ſi elle differe, cela annonce un vice dans le méchaniſme de compenſation.

424. La ſeconde condition que l'on doit exiger, c'eſt que ſi l'Horloge ou la Montre reçoit quelques agitations, ou ſecouſſes, le moyen de compenſation revienne toujours au même point où il étoit auparavant, de ſorte que la marche de l'Horloge ou de la Montre, n'en ſoit point affectée : car ſi cette marche vient à changer par ces diverſes agitations ou ſecouſſes, c'eſt une preuve que le moyen de compenſation eſt vicieux, ſoit dans la conſtruction, ſoit dans l'exécution.

425. Si donc je ſuppoſe que le méchaniſme de compenſation eſt un de ceux que j'ai appliqué dans mes Horloges & Montres à Longitude, & dans leſquelles la compenſation eſt produite par le chemin du pince-ſpiral : dans ce cas, cela peut dépendre, ou du chaſſis (*a*) qui eſt mal exécuté, & qui n'eſt pas libre, ou bien de la lame compoſée, qui eſt mal faite : dans l'un ou l'autre cas, il faut s'en aſſurer par un examen réfléchi : mais le défaut dont nous parlons ici, peut être tout ſimplement produit par le trop, ou trop peu de force du reſſort du pince-ſpiral : c'eſt pour en

(*a*) Je dois ajouter ici que dans les petites Horloges & Montres à Longitude, il eſt préférable d'employer la lame compoſée ; ce moyen eſt plus ſimple, & peut être facilement exécuté avec toute la perfection requiſe ; au lieu qu'il eſt bien difficile, pour ne pas dire impoſſible, de faire un chaſſis ſi petit, ſans avoir à craindre que ſes effets ne ſoient incertains : & ſes défauts ſont encore augmentés par le grand levier, les frottemens des pivots, &c.

mieux aſſurer l'effet que je fais porter par le bras du pince-ſpiral, un index qui répond à des diviſions très-petites, ce qui ſert à montrer ſi le pince-ſpiral eſt immuable, enſorte qu'en ſoulevant, ou en preſſant cet index avec le doigt, il réponde cependant toujours au même point de diviſion. En général, le reſſort du pince-ſpiral doit être foible & proportionné à l'effort que le méchaniſme peut ſupporter.

426. Le pince-ſpiral doit être le plus léger & le plus court que comporte le ſpiral ſur lequel il agit; & le reſſort qui le preſſe ne doit avoir que la force néceſſaire pour faire appuyer continuellement le pince-ſpiral ſur la lame, ou ſur le chaſſis : toute force excédente devient nuiſible, & rend incertain le mouvement du pince-ſpiral. Il ſuit delà, que plus le pince-ſpiral eſt léger, & moins eſt grande la réſiſtance qu'il oppoſe au méchaniſme de compenſation : la trop grande réſiſtance du pince-ſpiral produit ici le même effet, qu'une lentille trop peſante ſur un pendule composé, (Eſſai N° 1741), & *Traité des Horloges Marines*, N° 1314.

427. Pour mieux aſſurer les effets du méchaniſme de compenſation, il eſt néceſſaire que les points de contact ſe faſſent ſur un rubis bien placé, & parfaitement poli. Il faut de plus apporter tous les ſoins poſſibles dans l'exécution des pivots du pince-ſpiral, que ces pivots ſoient d'un diametre proportionné à l'effort du ſpiral : on ne peut trop inſiſter ſur la perfection de toutes les parties du moyen de correction; car toutes les autres parties de l'Horloge étant bien, il ſuffit de quelques vices dans le méchaniſme de compenſation, pour faire varier ſenſiblement la machine.

ARTICLE III.

De la conſtruction de l'Horloge à Longitude horiſontale à poids.

428. L'Horloge que nous allons décrire, eſt particulierement conſtruite pour pouvoir être exécutée en entier,

par un Horloger placé dans un port de mer, & dénué des secours que procure la Capitale, & sans autre instrument qu'une machine à fendre. Car même à Paris, j'ai éprouvé beaucoup de difficultés pour faire exécuter les grands ressorts moteur de mes petites Horloges à Longitudes; & pour m'en procurer un passable, j'ai toujours été obligé d'en faire exécuter 3 ou 4 : d'ailleurs les Horloges à ressort exigent des outils à fusée faits exprès, &c. Ce sont ces considérations, qui jointes aux avantages réels des Horloges à poids, m'ont engagé à construire cette nouvelle Horloge, en la réduisant au plus petit volume possible, & en rendant la construction la plus simple, & telle cependant qu'un Artiste adroit & intelligent puisse l'exécuter.

429. En réduisant d'après le principe du N° 417, la force de mouvement du Régulateur, j'en ai obtenu plusieurs avantages; 1°. celui de diminuer à proportion le volume de la machine; 2°. de n'employer que trois rouleaux de la même maniere que je l'ai fait dans N° 36 à ressort; 3°. de faire rouler la pointe de l'axe du balancier sur un diamant, & de supprimer le ressort de suspension du balancier, (voy. N° 296, 4° enfin, d'employer la lame composée pour la compensation du chaud & du froid, moyen plus simple que le chassis; & je me suis assuré par des expériences certaines, que la compensation par une lame, est très-bonne dans de petites Horloges à Longitude.

430. Pour rendre cette Horloge plus simple, je supprime tout à fait la cage du poids employée dans mes grandes Horloges : le poids descendra librement dans le tambour, ensorte que dans aucuns cas il ne peut nuire à l'Horloge, en altérant les effets de la compensation, ainsi que cela arrivoit avec la cage du poids, (voy. N° 414).

431. Dans cette disposition du poids moteur, il y a deux effets nuisibles qu'il faut prévenir; le premier, c'est d'empêcher que le poids ne puisse tourner sur lui-même, & faire tordre la corde; le second, c'est que le poids ne puisse changer de plan.

432. Pour empêcher que le poids ne puiſſe tourner ſur lui-même dans les agitations du vaiſſeau, & faire tordre la corde, il faut attacher au-dedans du tambour, une régle placée verticalement à la circonférence intérieure : la platine du poids ſera entaillée convenablement dans la circonférence, pour recevoir cette regle : par ce moyen, le poids deſcendra librement.

433. Pour empêcher qu'en remontant l'Horloge, le poids ne monte pas trop haut, & n'aille frapper des pieces de l'Horloge, il faut fixer au bord de la platine du poids, trois bras ou broches, qui étant de la longueur convenable, arrêteront le poids, ſans qu'il puiſſe trop approcher du mouvement : les bouts de ces bras iront poſer contre le deſſous de la *batte* qui porte la platine-cadran : ces mêmes bras ſerviront en même-tems à maintenir le poids dans ſon plan horiſontal : ces trois bras doivent être placés convenablement, pour pouvoir entailler la ſeconde platine du rouage, de ſorte qu'ils ne rencontrent ni roues, ni pieces auxquelles ils puiſſent nuire.

434. Le tambour que j'ai fait exécuter pour cette Horloge a 7 pouces de hauteur en dedans, & 3 pouces 9 lig. de diamètre : c'eſt ſur ces meſures qu'il faut établir toutes les dimenſions de l'Horloge.

435. Le mouvement de cette Horloge eſt compoſé de quatre platines en tout, ſavoir, deux de 42 lig. de diamètre qui forment la cage du rouage, la troiſieme de 36 lig. qui, avec la ſeconde platine du rouage, forme la cage du balancier; cette troiſieme platine porte en dehors les 3 rouleaux entre leſquels tourne le pivot inférieur du balancier ; ces rouleaux ſont maintenus par des ponts : la quatrieme platine a 44 lig. de diamètre ; c'eſt elle qui portera en deſſous le poids moteur, & en deſſus les deux poulies ſur leſquelles paſſe la corde : cette quatrieme platine porte auſſi en deſſus, les trois bras ſervant à empêcher les balancemens du poids, & à fixer ſon remontage.

Elévation de l'Horloge.

436. Les piliers de la cage du rouage ont de hauteur	12 lig.
Ceux de la cage du balancier	3
La hauteur du pont du pince-ſpiral eſt de	10 lig.
Epaiſſeur de deux platines	1 $\frac{1}{3}$.
Epaiſſeur du poids moteur	9
Sa platine	0 $\frac{2}{3}$.
	36

A ôter de 84 lignes hauteur du tambour.

Reſte 48 lig. pour la deſcente du poids.

437. La roue de cylindre fait un tour en 12 heures; elle porte le cadran des heures; ainſi cette roue doit faire 2 tours $\frac{1}{2}$ en 30 heures, temps que l'Horloge doit marcher ſans être remontée.

438. Le poids eſt mouflé; ainſi la longueur de la corde eſt de 2 fois 48 lig. = 96: en diviſant par 2 tours $\frac{1}{2}$, on a 38 lig. $\frac{2}{5}$, pour la circonférence du cylindre, dont on trouve le diamètre par la proportion ſuivante.

$\overset{\text{diam.}}{113} : \overset{\text{circonf.}}{355} :: x : 38\frac{2}{5}$, ce qui donne 12 lig. environ $\frac{2}{12}$, pour le diamètre du cylindre.

Dimenſions du rouage.

439. La roue de cylindre ou des heures a 24 lig. de diamètre & 192 dents.

Roue de minute, 16 lig & 128 dents; le pignon de minute a 2 lig. de diamètre & 16 dents.

Roue moyenne, 15 lig. de diamètre, & 120 dents; ſon pignon 2 lig. de diamètre & 16 dents.

La roue de ſecondes a 10 lig. de diamètre & 96 dents; ſon pignon 2 lig. de diamètre & 16 dents.

La roue d'échappement a 6 lig. de diamètre & 10 dents; ſon pignon 1 lig. $\frac{8}{12}$ de diamètre & 16 dents.

Le cercle d'échappement a 3 lig. $\frac{70}{12}$; levée d'échappement, 60 degrés.

440. Le balancier fait deux vibrations par seconde; il a 30 lig. de diametre; il doit peser 115 grains, le spiral étant de même force que celui de l'Horloge N° 36.

441. L'échappement à vibrations libres, le plus simple, c'est celui à *ressort-détente* & *levée-ressort*, décrit N° 69.

442. La compensation par une lame composée. La lame a 7 lig. de largeur, & 24 lig. de longueur en action.

443. La lame composée porte la vis pour régler l'Horloge; ainsi, elle agira immédiatement sur le bras du pince-spiral, lequel ne portera pas de *boîte*; & pour régler la compensation, on allongera, on accourcira la lame composée par le moyen du pont à machoire qui la porte: on n'a donc pas besoin de rubis pour le point de contact; pour suppléer à ce moyen, qui est très-bon, mais plus composé, il faut que le bras du pince-spiral, sur lequel agit la vis de la lame, soit trempé de toute sa force, de même que la vis.

444. Nous avons supprimé dans cette Horloge le ressort de suspension du balancier, parce qu'il exige trop de travail, & que d'ailleurs il peut être exposé à casser; le balancier étant assez léger, peut tourner sur sa pointe, sans avoir à craindre que cette pointe ne s'émousse; mais pour rendre le frottement de cette pointe plus constant, & le réduire autant qu'il est possible, il faut que l'axe de balancier soit fait d'excellent acier, & que la pointe ait toute la dureté de la plus forte trempe; cette pointe doit tourner sur la face d'un diamant parfaitement poli. Je me sers d'une petite *rose* à cet usage.

REMARQUE.

Quoique le plan de l'Horloge que je vais décrire, soit particulierement destiné à former une Horloge à poids; cependant le même plan peut servir à faire une Horloge à ressort; & dans ce cas, le barillet doit être placé à l'endroit où est la poulie de renvoi 1, planche VI, fig. 3.

ARTICLE IV.

Description de la petite Horloge à Longitude horisontale à poids.

Planche VI, *fig.* 2, 3, 4.

445. Le mouvement de cette Horloge est vu de profil, Planche VI, fig. 2; il est fait d'après le plan du rouage, fig. 3, & du Régulateur, fig. 4, & vu selon la direction, *W u*, fig. 3 & 4.

La platine *A A*, fig. 2, est celle des piliers du rouage. Je l'appelle *platine-cadran*, parce qu'elle porte le cadran des minutes, & celui de secondes : les heures paroissent aussi à travers une ouverture de cette platine, (comme on le voit fig. 3). La seconde platine *B B*, forme avec celle *A A*, la cage du rouage; le dessous de la seconde platine *B B*, forme avec celle *C C*, la cage du balancier; le dessous de cette troisieme platine porte 3 ponts qui servent de cage aux 3 rouleaux entre lesquels tourne le pivot inférieur du balancier; la quatrieme platine *D D*, est celle du poids *E E*, fixé au-dessous de cette platine.

446. *G G* est la roue de cylindre ou des heures; *H*, est le cylindre sur lequel est attachée la corde à boyau *a*; cette corde passe sur la poulie de renvoi *I*, delà elle descend verticalement de *b* en *c*, pour passer sous les poulies *K* & *L*, fixées sur la platine *D D*, du poids; la corde remonte ensuite de *L* en *M*, où elle est accrochée au crochet *M*, fixé sous la platine-cadran *A A*.

447. Lorsque l'on remonte le poids, l'Horloge ne cesse pas de marcher, parce que la roue de cylindre *G G*, porte un ressort qui est tendu par l'action du poids : ce ressort est placé entre la roue de cylindre, & le rochet *F*, qu'elle porte; un bout du ressort est arrêté par une cheville qui

entre dans un trou fait dans l'épaiſſeur de la roue *G G* ; l'autre bout de ce reſſort eſt également arrêté par une cheville qui paſſe dans l'épaiſſeur du rochet *F*, lequel ne peut pas rétrograder, étant retenu par un cliquet; l'encliquetage pour le remontage eſt placé ſur le rochet *F*. Nous ne détaillerons pas davantage ce méchaniſme qui l'a été ſuffiſamment dans le *Traité des Horloges Marines*, N°s 811 & 812, & repréſenté Planche XV du même Ouvrage.

448. Le cadran des heures *O O*, eſt rivé ſur un canon qui entre à frottement ſur le canon de la roue *G G*; *d* eſt le quarré formé ſur le pivot prolongé de l'axe de la roue des heures & du cylindre : c'eſt le quarré qui ſert à remonter le poids.

449. La roue des heures *G G*, engrene dans le pignon de minute *e*, dont le pivot prolongé *f*, porte l'aiguille des minutes : ſur l'axe du pignon *e*, eſt rivée la roue *P* des minutes ; celle-ci engrene dans le pignon *g*, qui porte la roue moyenne *Q*.

Cette derniere engrene dans le pignon *h*, dont le pivot prolongé porte l'aiguille des ſecondes *i*. Sur l'axe de ce pignon eſt rivée la roue de ſecondes *R* : cette roue engrene dans le pignon *k*, ſur lequel eſt rivée la roue d'échappement *S*. Le pivot inférieur de la roue d'échappement roule dans un trou de la ſeconde platine *B B*; le bout de ce pivot porte ſur un coqueret d'acier, pour éviter les frottemens de la portée. Le pivot ſupérieur roule dans le trou fait au pont *T t k*; la patte *T* de ce pont eſt attachée ſur le deſſus de la platine *B B*, par une vis & deux pieds.

450. *l* eſt le cercle d'échappement ſur lequel agit la roue *S*: ce cercle eſt attaché ſur une aſſiette de l'axe *l, m, n, o, p*, de balancier. Le bout ſupérieur *m* de cet axe porte un pivot qui roule dans le trou du pont *U u m*, dont la patte *U* eſt attachée par une vis, & deux pieds ſur le deſſus de la platine *B B*.

451. Le cercle d'échappement *l*, porte le *reſſort-levée*; & le *reſſort-détente* eſt attaché ſur la platine *B B* : cette partie

de l'échappement n'eſt pas ici repréſentée, parce qu'il eût été difficile de la faire ſentir dans le profil; mais elle eſt tracée ſur le plan fig. 3, & c'eſt d'ailleurs le même échappement que j'ai décrit ci-devant N° 69, & qui eſt vu en perſpective, Planche IV, fig. 6.

452. L'axe de balancier porte en *n* une ſeconde aſſiette ſur laquelle eſt attaché le balancier *XX*, au moyen de 3 vis, afin de pouvoir le démonter à volonté.

453. Le bout inférieur *o* de l'axe de balancier *l*, *m*, *n*, *o*, eſt la partie qui forme le pivot, pour tourner entre les 3 rouleaux, 1, 2, 3. Les pivots ſupérieurs de ces rouleaux tournent dans les trous faits à la platine *CC*, & les pivots inférieurs de ces mêmes rouleaux tournent dans les trous des trois ponts, attachés chacun par une vis, & 2 pieds ſur la face inférieure de la platine *CC* : *Y* eſt un de ces ponts. Les autres n'ont pu être repréſentés; mais ils ſont vus dans le plan, fig. 4.

454. *pr*, eſt la virole de ſpiral, elle eſt ajuſtée à frottement ſur le bout inférieur de l'axe de balancier, & rendue fixe avec cet axe, au moyen d'une vis de preſſion. Le bout intérieur du ſpiral *ss*, eſt fixé ſur la virole par une barrette d'acier ſerrée par deux vis : l'autre bout du ſpiral eſt attaché au piton, & ce piton lui-même eſt porté par un pont qui n'a pu être repréſenté dans le profil : ce pont & le piton ſont vus, fig. 4.

455. *Z*, *v*, *x*, eſt le pont du pince-ſpiral; la patte Z eſt attachée par une vis & deux pieds ſous la platine *CC*; le bout *x* de ce pont, porte en deſſus un diamant, dont la ſurface doit être parfaitement polie & plane; c'eſt ſur ce diamant que roule la pointe *p* de l'axe de balancier. Cette pointe doit avoir toute la dureté de la plus forte trempe.

456. Sur la partie *v*, *x*, du pont *z*, eſt attaché un ſecond pont *aa*, *bb*, qui fait la cage du pince-ſpiral : la patte *aa*, de ce pont eſt fixée ſur le pont Z, par une vis & deux pieds; le bout *bb*, reçoit le pivot inférieur *y*, de l'axe du

pince-ſpiral, & le bout ſupérieur *z*, du même axe, porte un pivot qui roule dans le trou fait au bout *x* du pont *Z v x*: le bout du pivot inférieur de l'axe *x y z* du pince-ſpiral doit porter ſur un coqueret d'acier, qui n'eſt pas repréſenté, mais qu'il eſt facile de ſe figurer. Le pont *Y q* du rouleau 2, & les ponts des rouleaux 1 & 3, doivent également porter des coquerets d'acier trempé très-dur, pour recevoir les bouts des pivots des rouleaux; le pivot inférieur de la roue d'échappement *S*, & celui de la roue de ſecondes *R*, doivent de même rouler ſur des coquerets d'acier : enfin le pivot ſupérieur de l'axe du balancier doit auſſi être retenu par un coqueret d'acier, afin qu'en cas de ſecouſſes violentes, le balancier, en remontant, ſoit retenu par le bout de ſon pivot, & non de la portée de ce pivot.

457. La boîte du pince-ſpiral n'eſt pas repréſentée dans le profil, parce qu'étant vue de face, elle auroit caché le bout *p* de l'axe de balancier; mais on peut voir le pince-ſpiral de la petite Horloge, n° 36, Planche III, fig. 1, & dont la diſpoſition eſt la même. (Voyez-en la deſcription, n° 309). On n'a pas repréſenté dans le profil ni la lame compoſée, ni le pont qui la porte, parce qu'elle eſt vue de face, & qu'elle auroit nui au profil qui eût été moins intelligible; d'ailleurs cette partie étant la même que dans l'Horloge, n° 36, on peut recourir à la Planche III, fig. 1, & à la deſcription du n° 309).

458. Les lignes ponctuées 4, 5, 4, 5, repréſentent deux des piliers de la cage du rouage : la partie 4 eſt l'aſſiette qui ſert à fixer ces piliers à la platine *A A*.

Les lignes ponctuées, 6, 7, 6; 7, repréſentent deux des piliers de la cage du Régulateur; les parties 6, 6, ſont les aſſiettes de ces piliers, qui ſont rivés ſur la platine *C C*.

459. 8, 9, eſt un des ponts qui ſert à porter la poulie de renvoi *I*, de la corde du poids; la patte 8 eſt attachée ſur le deſſus de la platine *B B*, par une vis & deux pieds.

460. 10, 11; 10, 11, ſont les ponts des poulies du poids, les pattes 10, 10, ſont attachées ſur le deſſus de la platine

DD, chacune par une vis & deux pieds, & les parties 11, 11, reçoivent chacune un des pivots des poulies *K*, *L*; les deux autres pivots de ces poulies roulent dans les trous de deux autres ponts pareils à ceux 10, 11, & qui ne peuvent être vus dans le profil.

461. Le poids *EE*, qui eſt rond, eſt de plomb; il eſt fixé par ſon centre ſous la platine *DD*. Je n'ai pas repréſenté ici les trois bras ſervant à fixer la courſe du poids, & à empêcher ſon balancement dans le tambour; on peut aiſément ſe les figurer. J'en ai ſeulement indiqué la poſition par les entailles faites en *I*, *K*, *L*, à la platine *BB*, fig. 4.

462. Je dois obſerver ici que la figure 2 repréſente la hauteur totale de l'Horloge, le poids étant ſuppoſé être deſcendu juſques au fond du tambour.

463. La platine-cadran *AA*, doit être attachée par 4 vis, ſur le rebord pratiqué à cet effet à la batte, & cette batte elle-même doit être attachée par 4 vis au tambour. La batte porte une lunette comme nos pendules à cartels; & cette lunette porte une glace, laquelle eſt percée d'un trou pour le paſſage de la clef, lorſqu'on veut remonter l'Horloge; ce trou doit être enſuite recouvert par un bouchon, pour empêcher le paſſage de la pouſſiere; & l'on eſt par-là diſpenſé d'ouvrir la lunette à chaque fois qu'on remonte l'Horloge, ce qui introduiroit néceſſairement plus de pouſſiere.

Plan de l'Horloge.

464. J'ai diſpoſé dans ce plan, de la maniere que je le fais toujours, tout ce qui appartient au mouvement de l'Horloge, roues, pignons, piliers, ponts, rouleaux, place des vis, &c, & je perce les trous de toutes les pièces, ainſi que les trous des tenons, qui doivent être faits aux platines, pour percer ſur l'une & ſur l'autre platine la place des pièces qui leur appartiennent. Par ce moyen, un plan bien diſtribué facilite beaucoup l'exécution de la machine. Pour faire ce

plan, je prens une plaque de cuivre mince, de la grandeur de la platine des piliers : c'eſt ſur cette plaque que le plan eſt tracé, & les trous percés, & que l'on peut, par ſon moyen, tranſporter ſur l'une ou l'autre platine la véritable poſition d'une roue ou d'autres pièces (*a*) ſur une des faces du plan ou calibre. Je trace tout ce qui appartient au rouage d'échappement, &c; & ſur l'autre face, je trace tout ce qui appartient au Régulateur, & à la compenſation, &c.

Planche VI, fig. 3.

465. *AA*, fig. 3, repréſente le plan du rouage, ou le dehors de la platine-cadran; ſur cette platine ſont rivés les piliers, 1, 2, 3, 4; *cO*, *dO*, eſt l'ouverture faite à la platine-cadran, pour voir les heures qui ſont gravées ſur le cadran des heures, porté par la roue de cylindre; *s* eſt l'index porté par la platine, pour indiquer l'heure; *B* eſt le cadran de minute attaché ſur ſa platine *AA*, & *CC*, une portion du cadran de ſecondes, porté par la même platine.

466. *GG*, eſt la roue de cylindre ou des heures; cette roue a 192 dents, & 24 lig. de diamètre, & demi-lig. d'épaiſſeur. *F* eſt le rochet du reſſort auxiliaire, qui ſert à faire marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte : le reſſort auxiliaire eſt placé entre le rochet *F*, & la roue *G*; *HH* eſt le cylindre : la lig. *ab*, repréſente la direction de la corde du poids, qui paſſe ſur la poulie de renvoi, 1, 8, 9; 8, 9, ſont les ponts ſur leſquels les pivots de la poulie tournent; *xy*, eſt le cliquet du rochet auxiliaire *FF*.

467. La roue de cylindre *GG*, engrene dans le pignon de minute *e* : le cercle *PP*, repréſente la roue de minute; cette roue a 128 dents & 16 lig. de diamètre; le pignon *e* a 16 dents & 2 lig. de diamètre.

468. La roue de minute *P* engrene dans le pignon *g*, lequel a 16 dents & 2 lig. de diametre; ce pignon porte la roue moyenne *Q Q* : cette roue a 120 dents & 15 lig.

(*a*) Voy. *Traité des Horloges Marines*, N° 1155 & ſuiv.

de

de diamètre, elle engrène dans le pignon *h* qui eſt celui de ſecondes, il a 16 dents & 2 lig. de diamètre.

469. *R R* eſt la roue de ſecondes, de 96 dents & 10 lig. de diamètre; cette roue engrene dans le pignon *k* de la roue d'échappement; ce pignon a 16 dents & 1 lig. $\frac{8}{12}$ de diamètre.

470. La roue d'échappement *S S* a 10 dents & 6 lig. de diamètre : *U*, *t*, *k* eſt le pont de cette roue, lequel doit être attaché ſur le deſſus de la ſeconde platine.

471. *m*, *n*, *o* eſt le reſſort-détente d'échappement : *p*, *q*, *r* le *reſſort-levée*, & *l*, *r*, *o* le cercle d'échappement; *T*, *u*, *l* eſt le pont du pivot ſupérieur de l'axe de balancier.

472. Le petit cercle *M* indique la vraie poſition du crochet qui ſupporte la corde du poids, pour que les parties *b c*, *L M* de la corde ſoient paralleles entr'elles, & que le poids ſoit au centre de la cage, afin qu'il deſcende librement ſans frotter au tambour : le point oppoſé *b* eſt celui par où deſcend la corde.

473. 5, 6, 7, repréſentent la place des piliers de la càge du balancier.

474. *B B*, fig. 4, repréſente le dehors de la ſeconde platine du rouage; 1, 2, 3, 4 ſont les pivots des piliers de la cage du rouage : *C C* eſt la platine ſur laquelle ſont rivés les trois piliers 5, 6, 7, pour former avec la platine *B B* la cage du balancier.

475. *X X* eſt le balancier : 1, *R*; 2, *R* & 3, *R*, ſont les rouleaux entre leſquels tourne le pivot d'en bas de l'axe de balancier; ces rouleaux ſont mis en cage par la platine *C C*, & par les ponts *E*, 1, *R*; *Y*, 2, *R* & *D*, 3, *R*, attachés à cette platine.

476. *H d*, eſt le pont de la lame de compenſation; il porte en *d* une plaque qui ſert de mâchoire pour y fixer la lame *d* au moyen de deux vis; le bout *l* de la lame de compenſation *d l* porte une vis *e*, dont le bout agit ſur le bras *f* du pince-ſpiral *g f*.

477. La vis *e* ſert à former la compenſation par l'action de la lame, ſelon qu'on la fait agir plus près ou plus

loin du centre *i* du pince-ſpiral, & on obtient cet effet en deſſerrant la machoire *k* du pont *H*, & en rendant la lame un peu plus longue ou plus courte : la même vis *e* ſert auſſi à régler l'Horloge au plus-près.

478. *Z*, *v*, *b b*, eſt le premier pont du pince-ſpiral, dont la patte *Z* eſt attachée ſur la platine *C C*; *a a*, *b b* eſt le ſecond pont : ces deux ponts forment la cage dans laquelle roulent les pivots de l'axe du pince-ſpiral : *h i* eſt le reſſort qui preſſe le pince-ſpiral, afin que le bras *f* appuie continuellement ſur le bout de la vis *e*, portée par la lame de compenſation *d l*.

479. *F G* eſt un pont attaché à la platine *C C*, il porte en *G* le piton *G* du ſpiral.

480. Les cercles *b* & *M* indiquent les trous faits à la platine *C C* pour le paſſage de la corde du poids.

I, *K*, *L* marquent les entailles faites à la platine, *B*, *B* pour le paſſage des bras d'arrêts portés par la platine du poids.

De la ſuſpenſion de l'Horloge, N° 38, à poids.

481. J'ai donné dans le Chapitre XI, n° 335 & ſuivants, la deſcription de la ſuſpenſion deſtinée à la petite Horloge à reſſort n° 37. Cette ſuſpenſion qui eſt fort ſimple, peut être également employée dans l'Horloge à poids que je viens de décrire : je me bornerai donc à donner ici les dimenſions de la ſuſpenſion & de la caiſſe pour l'Horloge à poids.

482. Le cercle de ſuſpenſion *I I*, planche VI, fig. 5, doit avoir 6 pouces de diamètre en dehors & 5 pouces $\frac{1}{2}$ en dedans : par conſéquent ſon épaiſſeur ſera de 3 lignes, ſa hauteur doit être de 7 lig.

483. Le centre de ſuſpenſion du tambour doit être placé à la hauteur marquée *S S*, planche VI, fig. 2 ; c'eſt d'après cette élévation du centre de mouvement de ſuſpenſion que

j'ai déterminé les dimenſions de la caiſſe qui contient la ſuſpenſion de l'Horloge à poids, & en ſuppoſant la maſſe de plomb miſe au-deſſous du tambour de 10 lig. de hauteur.

484. La hauteur doit être en dedans de 10 pouces $\frac{3}{4}$. Sa largeur doit être, en quarré, de 10 pouces $\frac{1}{2}$ en dedans.

CHAPITRE XVII.

Horloge à Longitude, verticale, à poids.

Conſtruction la plus ſimple à donner à une Horloge à Longitude.

485. MON but, en compoſant cette nouvelle Horloge, a été de la rendre la plus ſimple poſſible, & de maniere à être exécutée facilement par un Horloger ordinaire dans un port, afin de la faire ſervir dans la marine marchande.

486. Pour remplir ce double objet, je fais cette Horloge à poids & verticale; le rouage ne ſera compoſé en tout que de quatre roues, y compris celle d'échappement & de trois pignons; la roue de ſecondes ſert en même-temps à l'échappement, elle a 30 dents.

Les vibrations du balancier ſont d'une ſeconde & l'aiguille fait un battement en deux ſecondes, l'échappement eſt celui à vibrations libres à *reſſort-détente*, &c.

487. Le mouvement eſt compoſé de trois platines de 42 lig. de diamètre; les deux premières forment la cage du rouage; la deuxieme & troiſieme platine celles du balancier placé au centre des cages : un des pivots du balancier tournera dans le trou d'un coqueret placé au dehors de la platine des piliers, il ſera fort éloigné du balancier, & ne ſupportera par conſéquent qu'une très-petite partie du poids du balancier; l'autre pivot ſera au contraire fort près du balan-

cier : celui-ci roulera ſur deux rouleaux placés en dehors de la platine de la cage du balancier : les pointes des pivots de balancier ſeront maintenues par des coquerets d'acier trempés fort dur. Ces deux rouleaux auront chacun un pont.

488. Le ſpiral eſt de mêmes forces & dimenſion quecelui de la petite Horloge nº 36. Le balancier a 36 lig. de diamètre & peſe 320 grains ; les deux rouleaux ont 18 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, leurs pivots, $\frac{6}{48}$.

489. La cheville ou index porté par le balancier pour marquer les degrés décrits, eſt placée de ſorte qu'elle marque l'intervalle entre les deux battemens de l'aiguille de ſecondes, & par ce moyen on peut compter les ſecondes comme ſi l'aiguille les battoit une à une : c'eſt au retour du balancier que l'index paroît, & non au moment où ſe fait l'échappement.

490. La compenſation du chaud & du froid eſt produite par une lame compoſée.

491. On peut employer au beſoin le compenſateur iſochrone pour faciliter l'iſochroniſme, ſi on ne l'obtient pas par le ſpiral.

Du Rouage.

492. La roue de cylindre fait un tour en 12 heures, elle porte le cadran des heures : cette roue a 192 dents & 19 lig. $\frac{3}{4}$ de diamètre ; elle engrène dans le pignon de la roue de minutes, lequel a 16 dents & 1 lig. $\frac{8}{12}$ de diametre.

493. La roue de minute a 128 dents, ſon diamètre 13 lig. $\frac{2}{12}$, elle engrène dans le pignon de la roue moyenne qui a 16 dents & 1 lig. $\frac{8}{12}$ de diamètre.

494. La roue moyenne a 120 dents, ſon diamètre 12 lig. $\frac{4\frac{1}{2}}{12}$, elle engrène dans le pignon de ſecondes, qui a 16 dents & 1 lig. $\frac{8}{12}$ de diamètre.

495. La roue de secondes ou d'échappement a 30 dents & 13 lig. de diamètre, le cercle d'échappement 3 lig. $\frac{3\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre.

496. Rochet auxiliaire 96 dents & 17 lig. de diamètre.
Rochet d'encliquetage 60 dents & 13 lig. de diamètre.

497. Pivot de la roue des heures, 1 lig. $\frac{4}{12}$.
De minutes, $\frac{12}{48}$.
Moyenne, $\frac{9}{48}$.
De secondes échappement, $\frac{8}{48}$.
Des rouleaux, $\frac{6}{48}$.
Pivot de balancier qui tourne dans les trous, $\frac{5}{48}$.
Celui qui tourne sur les rouleaux, $\frac{16}{48}$.

Epaisseur des roues.

Roue des heures, o lig. $\frac{24}{48}$.
Rochet auxiliaire, $\frac{20}{48}$.
Rochet d'encliquetage, $\frac{24}{48}$.
De minutes, $\frac{19}{48}$.
Moyenne, $\frac{14}{48}$.
Seconde échappement, $\frac{12}{48}$.
Rouleaux, $\frac{12}{48}$.
Ressort auxiliaire, $\frac{24}{48}$ diamètre, 10 lig.

Description de l'Horloge verticale à poids.

PLANCHE V.

498. La fig. 1, représente l'Horloge placée dans sa boîte avec sa suspension ; *A A* est un tambour en cuivre dans lequel le mouvement de l'Horloge est placé ; *B B*, la suspension attachée à ce tambour pour conserver à l'Horloge la position verticale malgré les agitations du vaisseau : *C C* est la platine-cadran ; *a* l'ouverture faite à cette platine pour

voir les heures gravées ſur le cadran de la première roue du mouvement ; *b* le cadran de minutes, & *c* celui de ſecondes.

499. Sur la partie inférieure du tambour *A A* eſt attaché la boîte *D, D, E, E*, ſervant de tuyau de deſcente au poids moteur de l'Horloge ; *F* eſt le poids, lequel eſt de forme quarrée comme le tuyau, dans lequel il ne peut que deſcendre librement ſans pouvoir tourner ſur lui-même ni balotter ; *G* eſt la chappe portant la poulie, ſur laquelle la corde à boyau s'enveloppe pour porter le poids en le *moufflant*.

500. *C C*, fig. 2, repréſente le dehors de la platine des piliers du rouage ou *platine-cadran*, ſur laquelle eſt tracé le plan du rouage & de l'échappement : 1, 2, 3, 4 ſont les piliers de cette premiere cage ; 5, 6, 7 la place des piliers de la cage du balancier ; *A* eſt la roue de cylindre ou des heures, *a* une portion du cadran des heures que porte cette roue ; *F* eſt le cylindre ſur lequel la corde du poids s'enveloppe : cette roue des heures porte un rochet, & le reſſort auxiliaire pour faire marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte : ce méchaniſme a été ſuffiſamment détaillé dans le *Traité des Horloges Marines* ; ce qui m'a diſpenſé de le repréſenter de nouveau dans ce Supplément.

501. *B* eſt la roue de minutes & *d* ſon pignon, dont le pivot prolongé porte l'aiguille : *D* la roue moyenne, *e* ſon pignon.

502. *E* eſt la roue d'échappement & de ſecondes, *f* ſon pignon, dont le pivot prolongé porte l'aiguille de ſecondes : *g* eſt le cercle d'échappement porté par l'axe du balancier placé au centre des cages : *h, i, l*, le *reſſort-levée* d'échappement porté par le cercle *g* ; *m, n, l*, le *reſſort-détente* d'échappement.

503. *b* eſt une portion du cadran de minutes attaché à la platine *C C*, & *c* une portion du cadran de ſecondes porté par la même platine.

504. *D, D* fig. 3, repréſente le dehors de la troiſieme platine ; elle porte trois piliers, 5, 6, 7, qui, avec la deuxieme

platine du rouage, forment la cage du balancier ; 1, 2, 3, 4 repréſentent la place des quatre piliers du rouage.

505. *A A* eſt le balancier : *B*, *C*, les deux rouleaux qui ſupportent le pivot du balancier : l'autre pivot du balancier roule dans un trou de la platine-cadran ; par ce moyen, ce dernier pivot ne ſupporte qu'une très-petite partie de la peſanteur du balancier, comme on l'a vu dans l'Horloge n° 36 (voy. planche III fig. 1) & ici c'eſt la même diſpoſition ; *E*, *F* ſont les ponts des rouleaux *B* & *C*.

506. *G g* eſt la lame compoſée pour produire la correction du chaud & du froid : le bout *G* de cette lame eſt attaché & rendu fixe en *G*, ſur le pont *N*, au moyen de la mâchoire & de deux vis de preſſion : le bout *g* de la lame porte la vis *i* dont le bout agit ſur le bras *h* du pince-ſpiral *i*, *h*, mis en cage ſur le pont *H g*.

507. *K* eſt le piton du ſpiral ; ce piton eſt porté par le pont *I K* ; la patte *I* de ce pont eſt attachée à la platine *D D* par une vis & deux pieds ; & le bout *K* eſt élevé à la hauteur néceſſaire pour paſſer au-deſſus du rouleau *C*.

508. *h m* eſt un reſſort attaché en *K* par une vis & preſſé en *m* par la vis du piton : ce reſſort tient lieu de virole pour cette vis *m* ; l'objet de ce reſſort eſt de ſervir à fixer le piton ſans le faire tourner au moyen de ce *reſſort-virole k m*, qui ne peut qu'appuyer ſans brider le ſpiral.

509. *L* eſt le rouleau du compenſateur ; *k r* ſa chappe, *o n* le reſſort & *M o* le pont à mâchoire qui fixe le bout extérieur *o* du reſſort compenſateur : *q* l'index du pont *M*, qui marque ſur la platine *D D* la quantité de bande que l'on donne ou qu'on ôte au reſſort-compenſateur. Le pont *M*, *o*, *q* eſt attaché à la platine *D D* ; la mâchoire eſt élevée au-deſſus de cette platine de la quantité requiſe pour faire agir le rouleau *L* du compenſateur ſur *l'excentrique* porté par l'axe du balancier au-dehors de la virole de ſpiral & au-deſſous de la partie *P* du pont *H*, *P*, *g* du pince-ſpiral.

CHAPITRE XVIII.

Deſcription d'inſtruments, & outils ſervant aux Horloges & aux Montres à Longitude.

PLANCHE VII.

ARTICLE I.

Inſtrument à graduer les cadrans, limbes, &c.

510. Un uſage eſſentiel que j'ai ajouté à la machine à fendre, c'eſt celui de diviſer & de graduer en même-temps les cadrans, limbes, &c: des Horloges à Longitude, en donnant à ces diviſions une grande juſteſſe, beaucoup de propreté & de promptitude dans l'exécution.

511. Pour obtenir d'une façon ſimple cette propriété de la machine à fendre, j'ai fait un burin figuré convenablement pour former des graduations; ce burin ſe fixe ſur l'arbre ou porte-fraiſe, de maniere à ne pouvoir tourner: l'*H* ou porte-fraiſe, au lieu d'être mobile ſur le *coulant* de la platte-forme, eſt mobile ſur une ſeconde *H*, qui elle-même eſt mobile ſur le *coulant.*

Le mouvement compoſé de ces deux *H* en produit une au burin qui ſe fait en ligne droite dirigée au centre de la platte forme; ce mouvement forme donc des rayons gradués à la pièce que l'on veut diviſer: maintenant pour borner le mouvement du burin ou *tracelet* ſelon la longueur des diviſions ou degrés que l'on veut faire, j'ai placé ſur le dehors de la vis du porte-fraiſe un bras fait en acier, qui porte deux boîtes ou mâchoires qui vont répondre à la vis fixe de la ſeconde *H* mobile autour du *coulant*: ces deux mâchoires ſont mobiles à volonté ſur le bras qui les porte

&

& on les fixe par des vis de pression sur leurs bras communs, selon que les divisions sont plus ou moins longues : & par ce moyen on divise & on gradue en même-temps les divisions quelconques, sans risque de passer les cercles de division qui les limitent, & que l'on fait avec le compas.

512. Les cadrans ou *limbes* que l'on veut graduer s'attachent & se fixent sur des tasseaux de la machine à fendre, comme on le fait pour les roues que l'on veut fendre ; & la platte-forme sert de diviseur au moyen des divers nombres qu'elle porte, & de l'alidade qui la fixe sur ses points de division.

513. La fig. 1, (*a*) Planche VII, représente la disposition de la machine à fendre, pour diviser & graduer les cadrans d'après l'idée que nous venons d'en donner ; *R* est le cadran que l'on veut graduer ; il est attaché & fixé sur un tasseau de la machine ; *O O F* l'arbre de la platte-forme, sur lequel le tasseau lui-même est rendu fixe à l'ordinaire ; *P P* une portion de la platte-forme ou diviseur, & *S o* l'alidade ; *C*, *E*, *F*, *A* une portion du chassis de la machine à fendre, dont la partie *E L* porte le *coulant*, & le support *Æ Y* ; c'est sur le support *Æ Y* que le double *H H* est mobile ; l'*H* ou porte-fraise est lui-même mobile sur la partie *h g* du double *H H*, au moyen des pointes des vis 3, 4 de l'*H* ou porte-fraise, pour produire le mouvement composé qui sert à faire décrire au burin, ou *tracelet T*, la ligne droite qui fait la graduation.

514. Le bras *B B* qui porte les boîtes-mâchoires, *G*, *K*, est fixé à l'*H* au moyen de l'écrou de la vis 1, & en *z* porte une fourchette qui embrasse l'épaisseur de l'*H* pour empêcher ce bras & les boîtes à mâchoires de tourner séparément de l'*H* : chaque boîte à mâchoires *G* & *K* se fixe sur le bras qui les porte par une vis : ce sont ces boîtes qui, comme nous l'avons dit, déterminent la

(*a*) La portion de machine à fendre ici représentée, fait partie de la machine à fendre, dont j'ai donné la Description. *Essai sur l'Horlogerie*, N° 428, & vue Planche XVI de l'Essai.

courſe plus ou moins étendue du burin ou *tracelet* *T* ſur le plan du cadran.

515. *X* eſt une fourchette portant en *z z* un trou pour entrer ſur l'arbre à fraiſe ; l'écrou *p* de cet arbre fixe en même-tems cette fourchette & le *tracelet* *T* ; la partie *X* de la fourchette embraſſe l'épaiſſeur de l'*H* , ce qui fixe & empêche de tourner & l'arbre même, & le *tracelet* qu'il porte.

Le *tracelet* porte deux burins de différente épaiſſeur, ſelon la force que l'on veut donner aux graduations ; il porte dans ſon milieu, au lieu d'un trou, une ouverture allongée pour le placer ſur l'arbre à fraiſe, afin de pouvoir démonter ce *tracelet* de deſſus le porte-fraiſe ſans démonter celui-ci, mais tout ſimplement en deſſerrant l'écrou de ce porte-fraiſe: & cela eſt néceſſaire lorſque l'on veut réparer la pointe du burin ou émouſſée ou caſſée.

516. Pour graduer une pièce quelconque, il faut toujours commencer par les plus grandes diviſions: ainſi en ſuppoſant que le cadran *R* ſoit celui des minutes , il faut graduer les diviſions de 60′, de 5′, de 10′ &c. Mais il faut faire en même-tems paſſer le burin dans le cercle de diviſion des minutes : le trait eſt plus net, & l'opération plus courte que ſi l'on faiſoit d'abord les petites diviſions des minutes, & enſuite celle des chiffres, 60′, 5″, 10′; & lorſque le cadran eſt ainſi diviſé en 12 parties, il faut raccourcir ſur le *coulant* à mâchoires la courſe du *tracelet*, afin qu'il ne parcourre que le chemin requis pour les diviſions des minutes.

Je n'entrerai pas dans de plus grands détails ſur la diſpoſition de l'outil à graduer les cadrans: la courte deſcription que je viens d'en donner, & l'inſpection de la figure, ſont je crois ſuffiſant.

ARTICLE II.

PLANCHE VI.

Inſtrument ſervant à éprouver l'Horloge à Longitude, pour l'Iſochroniſme, & par la poſition horiſontale & inclinée.

517. L'inſtrument repréſenté Planche VII, fig. 2, a deux uſages ; le premier de ſervir aux épreuves de l'iſochroniſme, ſoit pour une petite Horloge à Longitude, ſoit pour une Montre, en faiſant décrire différents arcs au balancier. Pour cet effet, l'Horloge étant horiſontale, on adapte ſur le quarré de fuſée un canon dont le trou eſt quarré ; ce canon porte le cylindre *A*, ſur lequel s'enveloppe une corde à boyau qui paſſe ſur la poulie de renvoi *B* ; au bout de cette corde eſt attaché un poids *P*, qui ſert à augmenter ou à diminuer l'action du reſſort-moteur ſelon le ſens où la corde eſt enveloppée ſur le cylindre ; dans l'un, ſon poids ajoute à la force-motrice, & dans l'autre, ce poids *P* ſert de contre-poids. La chappe de la poulie *B*, a ſur ſon pied *D*, un mouvement qui ſert à changer la direction de la corde ſelon le ſens où on veut l'employer, c'eſt-à-dire, ſelon que l'on veut augmenter ou diminuer l'étendue des arcs décrits par le balancier. Le ſecond uſage de cet inſtrument eſt pour éprouver l'Horloge ou la Montre par diverſes poſitions horiſontale, verticale ou inclinée : pour cet effet, la platine *F F* qui porte la main *R R*, ſur laquelle on place une petite Horloge ou une Montre *G G*, a un centre de mouvement en *H*, & au lieu de la poſition horiſontale, elle peut devenir verticale ou inclinée, & le nombre de degrés d'inclinaiſons eſt marqué par l'index *I*, ſur le quart de cercle *K K* diviſé en 90 degrés.

La branche *L M*, qui ſupporte cet inſtrument, eſt fixée en

M ſur un pied ſolide *N*, rempli de plomb ; cette branche doit être quarrée & ſolide.

518. La fig. 3 repréſente l'équipage de la poulie qui ſert aux épreuves des grandes Horloges ; il s'attache ſur le tambour : *A* eſt la poulie de renvoi ; *B*, *C*, *D* ſa chappe ; la patte *D* s'attache ſur l'équerre *E* ; la patte *F* de l'équerre eſt attachée ſur la pièce *F G*, afin de pouvoir faire tourner horiſontalement la poulie & l'incliner de droite ou de gauche, ſelon que l'on veut ajouter au moteur ou en ôter. La partie *H* de la pièce *F G* s'applique contre le tambour de l'Horloge, & s'y attache par une vis.

ARTICLE III.

PLANCHE VI.

Compas à Mychromètre, pour la meſure de l'épaiſſeur des lames des reſſorts-ſpiraux réglant.

519. On a vu dans le *Traité des Horloges Marines*, qu'une condition indiſpenſable pour obtenir l'iſochroniſme des vibrations du balancier par le ſpiral, eſt que la lame de ce reſſort ſoit faite en fouet, le plus fort au centre, & dans une progreſſion que j'ai déterminée par l'expérience, (voy. premiere Partie du préſent Ouvrage, n° 25, 29 &c.). Or, pour donner les dimenſions convenables aux lames de ces reſſorts, il eſt néceſſaire de pouvoir les meſurer avec une extrême préciſion. C'eſt à cet uſage que le compas, repréſenté fig. 4, eſt deſtiné : & il falloit de plus diſpoſer un outil pour calibrer la lame de ce reſſort ſelon la progreſſion donnée & meſurée par le compas. Cet outil à calibrer eſt repréſenté fig. 5.

Description & dimensions du Compas à Mychromètre.
Planche VI, *fig.* 4.

520. Ce compas est formé par la portion de cercle *A B*, dont le centre est en *A*. La portion de cercle *B* est graduée en demi-degré du cercle sur la machine à fendre selon la méthode indiquée (n° 513 & suiv.); au centre *A* est mobile sur deux pivots l'index *A d*: *C* est le pont de cet index. Le limbe *AB* porte le levier *D*, *E*, *F*, mobile en *D* sur deux pivots, dont l'un roule dans un trou fait en *D* sur le limbe, & l'autre, dans le pont *G*, attaché par une vis sur le limbe. Le limbe *A B* porte en *E* un petit pont d'acier fixé par une vis & deux pieds; le bec *a* de ce pont forme avec le bras *D E* du levier, la pointe du compas; c'est une espèce de mâchoire dans laquelle on introduit la lame du ressort que l'on veut mesurer: le grand bras *F* du même levier porte en *b* une boîte ayant une vis, dont le bout agit sur le talon *c* de l'index *A d*, & fait décrire à la pointe *d*, un angle dont le nombre de degré est la mesure de l'épaisseur du ressort.

L'index *A d* est pressé vers son centre par un ressort *f*, afin que le bout du levier appuie sur le talon *a* qui l'arrête & qu'en cet état l'index réponde au o degré de la division du limbe. Le talon *a* est fixe; il est d'acier & attaché au limbe *B* par une vis & deux pieds; la vis portée par la boîte *b* sert à ramener l'index à o; cette boîte *b* est fixée par une vis sur le bout *F* du levier, mais on peut la faire approcher ou écarter du centre *A*, pour augmenter ou diminuer son effet sur l'index, c'est-à-dire, pour rendre le compas plus sensible: je lui ai donné cette disposition, afin que chaque division du limbe répondît à la deux-centieme partie d'une ligne, & c'est à quoi je suis parvenu en approchant convenablement la boîte *b* du centre *A* de l'index

521. Dimensions du compas à mychrometre.

Index, 38 lig $\frac{1}{2}$.

Diſtance des centres de l'index & du levier, 29 lig.

Petit bras du levier, 3 lig. $\frac{7}{12}$.

Point de contact du grand levier ſur l'index diſtant de 4 lig. du centre de l'index.

ARTICLE IV.

Machine à calibrer les lames des reſſorts-ſpiraux réglants.

522. La fig. 5 repréſente en action la machine dont je me ſers, pour calibrer les lames des reſſorts-ſpiraux; elle eſt compoſée d'un doſſier comme celui d'une ſcie lequel ſert à tendre la lame, & la rend fixe, & d'une mâchoire preſſée par un poids pour uſer la lame & l'égaliſer. *A*, *B*, *C*, *D*, *M* eſt le doſſier qui porte en *A* & en *B* des pinces pour fixer chaque bout de la lame : le ſupport *B* du doſſier ſe fixe au point que l'on veut de la barre *D M*, ſelon que la lame eſt plus ou moins longue; *E* eſt une vis qui ſert à tendre la lame *a b* du reſſort ; la pince *A* peut également ſe tendre par une vis du manche *F* : le dedans & le dehors de la barre du doſſier ſont gradués en pouces, afin d'eſtimer la diminution progreſſive de la lame en l'uſant. La mâchoire pour uſer le reſſort, eſt formée de deux principales pièces, l'une inférieure *I G*, qui s'attache à l'étau par un talon qu'elle porte en deſſous : l'autre ſupérieure *H Q* porte en *L* & en *K* deux vis, dont les pointes entrent dans des points faits à la pièce ou ſupport *G I* : ce qui forme le centre de mouvement de la mâchoire : chaque patte *G* & *H* porte des couſſinets d'étain mis en queue d'aronde pour pouvoir en changer : ce ſont ces couſſinets entre leſquels paſſe la lame pour être uſée & égaliſée au moyen d'émeril fin ou de rouge.

P eſt le poids qui preſſe la mâchoire, & *Q* une vis pour ſoulever la machoire ſupérieure, lorſqu'on veut dégager la

lame pour retourner le dossier, & changer la lame de côté. Ceci n'a pas besoin du plus grand détail; l'inspection de la machine eût dû suffire.

ARTICLE V.

PLANCHE VI.

Spiral prêt à tremper.

523 La figure *6* représente un spiral fixé par 4 brides & 4 chassis, pour maintenir la figure du spiral, pendant qu'on le trempe: voy. Chap. III, la maniere dont on fait les entailles des brides. *S S* est le spiral *A B*, *A B*, &c. les *brides*; *C D*, *C D*, &c. les *chassis* qui fixent les brides, & tiennent le spiral.

A B, fig. 7, représente le couteau d'étain, ou matrice, & *C D* un chassis.

524. La fig. 8 représente un dossier de petite scie, pour faire les entailles aux brides des ressorts que l'on veut tremper; ce dossier sert à régler également l'enfoncement de chaque entaille des brides.

525. La figure *9* représente un outil fort utile & très-bien imaginé, pour faire des creusures aux platines. Il est composé d'une *patte A A*, qui s'attache sur la platine; cette patte qui est d'acier, porte verticalement le canon *B B*, dont le trou est cylindrique. Dans ce trou entre juste & librement *C*, une broche d'acier aussi cylindrique, dont le bout *D* est angulaire, pour former la creusure que l'on fait plus ou moins profonde, selon que l'on fait monter ou descendre la piece *F*, mise à vis sur le dehors supérieur du cylindre. La broche *C*, porte un petit canon *D*, qui se fixe par une vis sur cette broche; c'est ce canon d'acier, qui sert à faire plus ou moins descendre le bout angulaire *D*, selon le besoin, pour former la creusure. La vis *E* fait le reste par son mouvement de rappel.

Je fais servir le même outil pour percer & agrandir parfaitement droits les trous des pivots de mes Horloges, &c.

CHAPITRE XIX.

Diverſes épreuves relatives à l'Iſochroniſme du ſpiral, & au méchaniſme de compenſation.

§ 26. CE n'eſt qu'après avoir entierement terminé l'Horloge, qu'elle eſt polie, que l'échappement eſt fait, de même que le méchaniſme de compenſation, enfin, que toutes les pieces ſont miſes libres, que l'on peut travailler à la recherche d'un ſpiral iſochrone. Je ſuppoſe donc l'Horloge conduite à ce point, & je vais donner par ordre quelques règles préparatoires à ſuivre, avant de faire les épreuves ſervant à trouver l'iſochroniſme par le ſpiral.

Première épreuve, pour déterminer préciſément le jeu convenable à l'axe de balancier entre les rouleaux.

§ 27. Il eſt fort important, pour la juſteſſe de l'Horloge, que l'axe de balancier ſoit *immuable* entre les rouleaux, & qu'il ſoit cependant libre : car s'il a trop de jeu, cela trouble l'iſochroniſme ; & les arcs de vibration ont auſſi moins d'étendue. Il faut donc donner le moins de jeu qu'il eſt poſſible aux pivots des rouleaux : les pivots & les rouleaux doivent être tournés parfaitement ronds, & il faut enfin que l'axe n'ait de jeu entre les rouleaux que celui qui eſt indiſpenſable.

§ 28. Pour déterminer ce jeu avec la plus grande préciſion, je fais marcher l'Horloge dans ſa poſition naturelle, qui eſt l'horiſontale ; le mouvement étant dehors de ſon tambour, je rapproche peu à peu les rouleaux mobiles par leurs ponts, de ſorte que, dans ſes vibrations, le balancier étant porté

porté d'un côté par le ſpiral, les rouleaux oppoſés ſont cependant auſſi entraînés par le mouvement de l'axe; mais le balancier revenant ſur lui-même, ces mêmes rouleaux continuent de tourner du même côté pendant un inſtant, ce qui prouve qu'ils ne gênent pas l'axe; car ſi tous les rouleaux alloient & revenoient comme l'axe de balancier, celui-ci ſe trouveroit gêné.

529. Cette méthode m'a parfaitement réuſſi; l'axe eſt libre, & il n'a cependant pas de jeu; & j'ai obſervé que les oſcillations ſont plus iſochrones, & que l'étendue des arcs ſont au moins de 20 degrés plus grandes qu'elles n'étoient, lorſque ce jeu étoit donné par la méthode indiquée *Longitudes par la Meſure du Temps*, pag. 81 : par celle-ci; je plaçois l'Horloge verticalement; le balancier peſoit ſur 4 rouleaux, & les deux qui ſe trouvoient en haut, devoient tourner ſans toucher à l'axe : mais pour peu que les pivots des rouleaux euſſent trop de jeu dans leurs trous, l'axe de balancier avoit trop de jeu entre les rouleaux, lorſque l'Horloge étoit replacée horiſontalement.

Seconde épreuve, ſervant à connoître ſi toutes les parties du méchaniſme de compenſation, ont le degré de perfection requis.

530. Pour obtenir une juſteſſe conſtante dans la marche de l'Horloge, il eſt de néceſſité abſolue que le méchaniſme de compenſation ſoit *immuable* dans ſes effets; c'eſt-à-dire, qu'après que l'Horloge a changé de température, la compenſation ſoit la même par le même degré du thermomètre: & il faut également qu'après que l'Horloge a reçu quelques ſecouſſes ou agitations, le pince-ſpiral revienne rigoureuſement au même point; car faute de ce degré de préciſion, l'Horloge variera : c'eſt pour eſtimer ces divers effets du méchaniſme de compenſation, que, dans mes Horloges & dans

mes Montres à Longitude, je fixe sur le quarré du pince-spiral, un long index qui répond à un limbe gradué en très-petites divisions, par lesquelles je connois, en appuyant ou en soulevant sur cet index, s'il revient à la même division; mais j'ai éprouvé que cet index n'indique pas encore avec assez de précision la position du pince-spiral (*a*). J'ai donc suppléé à cette méthode par une autre beaucoup plus sûre; c'est par la marche même de l'Horloge. Pour cet effet, je place le mouvement dehors du tambour, & j'observe quelle est la marche de l'Horloge. Je porte cette marche sur mon Journal; ensuite j'appuie légèrement sur l'index, en le pressant contre le méchanisme de compensation: j'observe de nouveau la marche de l'Horloge, je porte cette marche sur le Journal. Je souleve enfin légèrement (*b*) le pince-spiral, en l'écartant du méchanisme de compensation, & j'observe la marche de l'Horloge: si dans ces trois épreuves la marche a changé, j'ai une preuve sûre que la force du ressort du pince-spiral n'est pas proportionnelle à la puissance du méchanisme de compensation. Je cherche donc, en diminuant ou en augmentant la tension du ressort, & en répétant les mêmes épreuves, le degré convenable de cette force, c'est-à-dire, le point par lequel les effets du méchanisme sont parfaitement sûrs, & par lequel le pince-spiral reprend toujours sa même position, malgré les secousses ou agitations.

531. Quant aux effets du méchanisme même, il faut, pour le juger d'une manière également rigoureuse, placer l'Horloge dans un étuve, mais d'abord sans feu: la faire marcher pendant quelque temps par la température moyenne, noter sa marche & le degré du thermometre que je suppose de 10 degrés; ensuite

(*a*) Pour juger de l'extrême précision que le méchanisme de compensation exige dans les effets, nous allons en faire le calcul. Dans ma petite Horloge n° 36, lorsque j'ai suspendu l'effet de la compensation, l'Horloge étant réglée par 24 deg. du thermometre, elle a avancé de 20″ par heure par le froid de la glace = 480″ en 24 heures; & pour corriger cette quantité, le pince-spiral ne parcourt que $\frac{1}{3}$ de ligne; donc la 480e partie d'un tiers de ligne répond à une seconde en 24 heures, donc la $\frac{1}{1440}$ partie d'une ligne, dans le mouvement du pince-spiral, répond à une seconde de tems en 24 heures.

(*a*) On peut faire les mêmes épreuves en frappant légèrement le mouvement de l'Horloge, ou en lui donnant de légères agitations: si le méchanisme n'est pas *immuable*, la marche de l'Horloge en sera affectée.

faut chauffer l'étuve & l'Horloge, jusqu'à ce que le thermomètre soit monté à 24 degrés, noter la marche de l'Horloge, éteindre les lampes, & laisser marcher l'Horloge par 10 degrés. Si la marche, par ce dernier degré, est la même qui avoit été reconnue d'abord au même degré, c'est une preuve que les effets du méchanisme sont sûrs ; mais si elle diffère, cela annonce un vice, soit dans le chassis, soit dans la lame composée.

Nous observerons ici qu'avant de faire cette dernière épreuve, on a dû faire celle de la force du ressort du pince-spiral, d'après la regle du (N° 530).

532. Nous remarquerons encore que, lorsque l'Horloge marche, le pince-spiral a un petit mouvement causé par les battements du spiral, & ce mouvement a également lieu, quelle que soit la force du ressort du pince-spiral ; mais je ne me suis pas apperçu qu'il résultât aucune variation de ce mouvement, qui est d'ailleurs insensible, lorsque le balancier fait 6 vibrations par seconde, que le spiral fait un plus grand nombre de tours, & que le pince-spiral est bien centré.

Sur l'Isochronisme du spiral.

PROPOSITION.

Les plus grands arcs sont plus isochrones entr'eux que les petits.

533. Dans un même ressort, on doit trouver un point plus ou moins approchant de l'isochronisme, selon que le balancier décrit de plus grands ou de plus petits arcs. Or je dis que le balancier décrivant les plus grands arcs, une différence de 10 ou 20 dans ces arcs, causera moins de variation dans la marche de l'Horloge, que la même diminution de 20 degrés n'en causeroit, si le balancier ne décrivoit pas d'aussi grands arcs. Car, dans les ressorts en général, le plus grand accroissement de force se fait au commencement

de la bande, comme on le voit par les fusées qui diminuent considérablement du premier au second tour, & peu dans le haut.

534. La proposition que j'ai faite ici a été vérifiée par toutes les expériences qui l'ont suivie; ainsi on peut regarder comme un principe certain pour arriver à l'isochronisme, qu'il faut que le balancier décrive les plus grands arcs possible; & nous avons prouvé d'ailleurs que dans les grands arcs décrits par le balancier, on obtient une plus grande force de mouvement, sans que les frottemens croissent en même proportion. *Traité des Horloges*, n° 93, & *Essai sur l'Horlogerie*, n°. 1637.

TROISIEME EPREUVE.

Des limites qui fixent l'étendue des arcs décrits par le balancier dans les Horloges à Longitude.

535. C'est un avantage essentiel de faire décrire les plus grands arcs possibles au balancier d'une Horloge à Longitude; car 1° le balancier en acquiert une force de mouvement qui augmente comme les quarrés des arcs : 2°. l'Horloge est moins susceptible des agitations du vaisseau, & des effets de l'artillerie : 3°. le balancier décrivant les plus grands arcs, une diminution de 10 ou 20 degrés dans ces arcs, causera moins de variations dans la marche de l'Horloge, que la même diminution de 20 degrés n'en causeroit, si les plus grands arcs de vibration avoient moins d'étendue : 4°. on parvient plus facilement à rendre les oscillations isochrones. Telles sont les raisons qui m'ont toujours porté à faire décrire au balancier les plus grands arcs, comme 240 degrés, & même jusqu'à 260 degrés; mais il n'est pas toujours possible d'obtenir cette grande étendue d'arcs, parce que le spiral qui est le plus propre à l'isochronisme, se développe si considérablement dans ses tours extérieurs, par les grandes

excurſions, que les ſpires vont batre au piton, ou au derrière du pince-ſpiral, ou bien en ſe reſſerrant, les ſpires ſe touchent, & dans l'un ou l'autre cas les oſcillations ne peuvent plus être iſochrones : voilà donc les vraies limites de l'étendue des arcs du balancier; c'eſt que, dans les plus grandes oſcillations, le ſpiral ne puiſſe toucher à quoi que ce ſoit; d'où l'on voit que l'étendue des vibrations dépend de la nature même du ſpiral, & du plus ou moins de diſtance entre les ſpires, &c. La diſtance plus ou moins grande entre le piton & le pince-ſpiral contribue beaucoup encore à borner l'étendue des arcs de vibration; car plus ces deux points ſont éloignés, & plutôt le ſpiral y bat. C'eſt pour éviter ce défaut, que je place le piton à 70 degrés de diſtance du pince-ſpiral. Car lorſque le piton eſt à 90 degrés, ou au-delà, cela borne les vibrations à une petite étendue : il faut encore que le piton ſoit placé tout au bout du ſpiral; car ſi celui-ci déborde trop, la ſpire extérieure vient y battre. Lors donc que l'on fait les épreuves pour parvenir à trouver le point, par lequel un ſpiral eſt iſochrone, il eſt important, à chaque fois qu'on allonge ou raccourcit le ſpiral, d'examiner quelle peut être la plus grande étendue des arcs de vibration, pour que le ſpiral ne batte pas, & régler en conſéquence la force motrice; faute de ces précautions eſſentielles, on croira qu'un ſpiral n'eſt pas iſochrone, tandis qu'en en faiſant uſage, il eût peut être été tel qu'on l'exige.

Des épreuves pour l'Iſochroniſme.

536. Les épreuves du ſpiral pour connoître s'il eſt propre à l'iſochroniſme, exigent les plus grandes précautions, faute deſquelles on ſeroit expoſé à mettre au *rebut* un bon ſpiral, & c'eſt ce qui m'eſt ſouvent arrivé par trop de précipitation. Pour éviter pareil accident, voici les moyens qu'il faut employer.

537. 1°. Je ſuppoſe d'abord que le ſpiral eſt exécuté d'après

les procédés & dimensions que j'ai détaillés ci-devant, Chapitre III.

538. 2°. Ayant un ressort spiral exécuté selon les dimensions propres, non-seulement à l'isochronisme, mais de plus à l'Horloge, il faut l'ajuster à demeure sur la virole, & que la virole soit tout à fait terminée, afin que si le spiral est jugé propre à l'isochronisme, on ne soit pas obligé de le démonter de dessus la virole, opération qui seule est capable de changer la nature du spiral. Pour cet effet, il faut dégager la virole près la mâchoire, pour que le spiral, en agissant, ne puisse jamais y toucher, ce qui troubleroit l'isochronisme ; le spiral doit être parfaitement centré, & tourner bien droit ; les vis de la mâchoire de la virole, tout à fait serrées, afin que le bout intérieur du spiral soit inébranlable.

539. 3°. Lorsque l'Horloge est remontée pour la faire *marcher en blanc*, il faut placer le piton avec toutes les précautions possibles, & de maniere que le bout extérieur du spiral étant fixé très-solidement avec la mâchoire du piton, il soit parfaitement libre & *non forcé* : & cela se fait avec facilité dans mes nouvelles Horloges, au moyen du piton portant 4 vis à caler ; mais pour serrer la vis de la mâchoire, il faut soulever le balancier par des cartes, afin que le ressort de suspension soit tendu, & dans son état naturel. Car pour ainsi fixer le piton, l'Horloge se trouve renversée, le cadran étant en bas.

540. 4°. Avant de tremper le pince-spiral, il faut l'ajuster convenablement avec le spiral, & avec le moins de jeu possible, dans la fente, afin que le pince-spiral ne bride pas en tournant autour du spiral ; le pince-spiral doit être tenu le plus léger & dégagé qu'il est possible, en lui conservant seulement la solidité relative à la force du spiral : ainsi préparé, il faut le tremper, le faire revenir bleu, l'adoucir & polir la fente, le représenter de nouveau avec le spiral, pour voir si la fente donne la liberté au spiral.

541. Lorsque le méchanisme de compensation est remonté, il faut faire tourner le balancier avec la main, jus-

qu'à ce que la cheville du balancier réponde à 120 degrés, & en l'arrêtant par un frottement, afin de voir ſi le ſpiral, dans cet état du balancier, ne touche point au piton ou au derriere du pince-ſpiral, & dans ce cas, limer de l'un ou de l'autre, ſi cela ſe peut ſans obſtacle, ſinon on verra le degré du balancier où le ſpiral ne touche pas. On notera cette plus grande étendue poſſible : on fera rétrograder le balancier, afin de voir ſi le ſpiral ſe reſſerrant, les ſpires ne ſe touchent pas au-deſſous du degré d'étendue d'arc donné par la premiere épreuve. On notera cette plus grande étendue d'arc poſſible, afin que, dans les épreuves de l'iſochroniſme, les arcs décrits par le balancier ſoient toujours de 3 ou 4 degrés au-deſſous de cette limite. Car ſi le ſpiral bat, cela rend les grandes oſcillations plus promptes, & trouble l'iſochroniſme, qui auroit peut-être lieu, ſans ce défaut de précaution ; enſorte que, par-là ſeul, on peut croire un ſpiral défectueux, quoiqu'il fût par lui-même propre à l'iſochroniſme.

542. Je porte ſur le Journal cette plus grande étendue des arcs : je fais enſuite marcher l'Horloge, en ajoutant ſucceſſivement les poids néceſſaires, pour que le balancier décrive des arcs de 4 ou 5 degrés, au-deſſous de l'arc que j'ai reconnu être celui par lequel les ſpires battent. Je compare l'heure de l'Horloge à Longitude à celle de l'Horloge aſtronomique, & porte cette obſervation ſur le Journal : au bout de deux heures je compare de nouveau les tems des deux Horloges, & porte l'obſervation ſur le Journal ; enſuite j'ôte des poids du moteur la quantité néceſſaire pour faire décrire au balancier 10 degrés de moins de chaque côté, ou 20 degrés d'amplitude ; au bout de deux heures, je note ſur le Journal la marche de l'Horloge pour cette ſeconde époque : & ſi les arcs inégaux ne ſont pas iſochrones ; je raccourcis le ſpiral, en le faiſant ſaillir hors du piton, mais ſans couper cette partie ſaillante du ſpiral. Si ce bout empêche les arcs d'avoir librement moins de 120 degrés, j'ôte le ſpiral, & je fais ouvrir le dernier quart de tour au

moyen des pinces à ſpiraux que je fais chauffer au chalumeau. J'examine de nouveau quelle peut être l'étendue des arcs, ſans que les ſpires battent, je fais marcher l'Horloge avec différents poids, comme dans la premiere épreuve, & ſi ces arcs inégaux ſont plus près d'être iſochrones qu'ils n'étoient d'abord, je continue à raccourcir le ſpiral, & coupe auparavant la partie du ſpiral qui faille le piton : & ainſi de proche en proche, juſques à ce que les oſcillations ſoient iſochrones, ou que le ſpiral ſoit jugé ne pouvoir donner cette propriété.

Lorſque le ſpiral eſt amené fort près du point propre à l'iſochroniſme, il faut augmenter la durée des épreuves, & au lieu de deux heures d'intervalle, en employer ſix.

REMARQUE I.

543. Lorſque les grands arcs décrits par le balancier ſont plus lents que les petits, on eſt aſſuré que le ſpiral peut être rendu iſochrone, en le raccourciſſant; mais ſi les grands arcs ſont plus prompts que les petits, on n'a pas la même certitude ; cependant pour juger un ſpiral, il faut le raccourcir, & quand la lame eſt faite en fouet, ſelon les dimenſions que j'ai établies, on parvient également à trouver dans un tel ſpiral un point propre à l'iſochroniſme : mais ſi, dans un ſpiral rendu plus court, les grands arcs ſont plus prompts, & d'une plus grande quantité qu'ils n'étoient à la premiere épreuve ; à coup sûr, ce ſpiral ne peut être iſochrone dans aucun point, & il faut en employer un autre.

REMARQUE II.

544. Nous obſerverons ici que, pour faire ces épreuves, il eſt abſolument néceſſaire d'employer, ainſi que je le pratique, les poids d'eſſais avec l'équipage que j'adapte au tambour. Car, avec un reſſort, on ne pourroit pas varier ſelon le beſoin la force motrice; & lorſqu'on a trouvé le point

par

par lequel un ſpiral eſt iſochrone, l'étendue des arcs, & qu'on a réglé l'Horloge par le balancier, on a exactement la quantité de force que le reſſort doit tirer (n° 138). Voy. Chapitre XVIII, (n° 517) la deſcription de cet équipage d'eſſai.

Il faut, à chaque fois que l'on démonte une Horloge à Longitude, revoir l'iſochroniſme du ſpiral.

545. J'ai preſque toujours éprouvé qu'en démontant une Horloge à Longitude, les oſcillations, qui auparavant étoient iſochrones, ne l'étoient plus après qu'elle avoit été démontée. Cela venoit de ce que le piton de ſpiral ne reprenoit pas aſſez ſûrement ſa premiere poſition. C'eſt une des raiſon qui m'a décidé à employer quatre vis pour caler le piton, & rendre le ſpiral parfaitement libre. Un autre moyen que j'emploie utilement, c'eſt de placer ſous la vis de preſſion du piton, au lieu de la virole, un reſſort qui en ſerrant la vis, appuie ſur le piton, ſans le faire tourner. Voy. Planche V, fig. 3.

Mais malgré cela, il eſt à propos toutes les fois qu'on nettoie une Horloge, de faire les épreuves néceſſaires pour s'aſſurer du dérangement ſurvenu, & ramener la machine à ſon premier état: & ces expériences doivent toujours être faites, lorſque le mouvement eſt placé dans ſon tambour. Il faut également revoir la compenſation du chaud & du froid, &c.

Lorſqu'il eſt ſurvenu quelque dérangement à l'iſochroniſme, malgré que le piton de ſpiral ſoit parfaitement calé, & le ſpiral libre, il faut, dans ce cas, allonger ou accourcir le ſpiral, juſqu'à ce qu'on ait retrouvé le point convenable; enſuite il faut diminuer, ou augmenter les maſſes de balancier, pour régler de nouveau l'Horloge dans ſon état actuel.

546. Un autre moyen propre à ramener le ſpiral à l'iſochroniſme, lorſqu'il en a été dérangé, c'eſt en faiſant élever,

ou baiſſer le piton de ſpiral, par les vis qui ſervent à le caler; mais en ayant ſoin que le piton porte à plat ſur ſes vis, & qu'il ſoit libre.

Régles à ſuivre pour ramener un ſpiral iſochrone à ſon point, lorſqu'en démontant l'Horloge, il a été dérangé.

547. Lorſqu'on démonte une Horloge pour la nettoyer, il arrive ſouvent qu'après qu'elle a été remontée, le ſpiral qui, auparavant, étoit iſochrone, ne l'eſt plus : or cet effet peut être produit par deux cauſes : 1°. par le jeu de l'axe du balancier entre ſes rouleaux : 2°. par le piton qui n'a pas la même poſition libre qu'il avoit d'abord. Pour donc ramener le ſpiral à ſon point, il faut premièrement donner le jeu convenable à l'axe, ſelon la régle de l'art n°. 527.

548. Mais ſi les oſcillations ne ſont pas iſochrones, il faut élever ou abaiſſer le piton du ſpiral, au moyen des quatre vis qui ſervent à le caler, de ſorte que le piton poſe toujours bien à plat ſur ſes vis; on doit néceſſairement retrouver par ce moyen le point par lequel les oſcillations ſont iſochrones.

549. Si malgré les deux corrections que je viens d'indiquer, les oſcillations n'étoient pas encore iſochrones, il faudroit allonger ou accourcir le ſpiral, ſelon la regle ſuivante.

550. En général, lorſqu'un ſpiral n'eſt pas à ſon point, il faut changer ſa longueur, ſoit en l'allongeant, ou en le raccourciſſant, & d'abord en l'allongeant : ſi la différence d'iſochroniſme va en diminuant, continuer à l'allonger; ſi la différence va en croiſſant, il faut au contraire l'accourcir.

551. Enfin, pour éviter tous les tâtonnemens de longueur du ſpiral, le plus ſûr eſt de faire uſage du compenſateur iſochrone, ou *de la Table compoſée des arcs de la température.*

CHAPITRE XX.

Des Epreuves servant à la formation de la Table composée des arcs & de la température.

Des vérifications de l'Horloge, lorsqu'elle a été nettoyée, & qu'elle est remontée.

552. 1°. LORSQUE toute l'Horloge est rassemblée, après qu'elle a été nettoyée, il faut avant de placer le piton, revoir le jeu de l'axe de balancier, & lui donner celui prescrit; (n° 527) il est important de revoir cette partie, après que toutes les cages sont rassemblées, parce que souvent, en serrant les goupilles, cela fait brider, ce qui ôte ou donne du jeu à l'axe.

553. 2°. Il faut fixer le piton par la vis, & auparavant, s'assurer qu'il est bien calé; s'il ne l'est pas parfaitement, on le fera au moyen de ces vis : il faut employer beaucoup d'attention en fixant le piton, pour que la vis, en le serrant, ne le fasse pas tourner.

554. 3°. Remonter le méchanisme de compensation, en faire l'examen selon la regle du (n° 530).

555. 4°. Placer l'Horloge dans son tambour, la faire marcher, mettre le tambour de niveau, & régler l'Horloge au plus près par la vis de la boëte de compensation.

556. 5°. L'Horloge étant réglée au plus près, il faut faire les épreuves de l'isochronisme, par l'équipage du contrepoids; si l'isochronisme est dérangé, c'est-à-dire, si pour 5 degrés de différence dans l'étendue des arcs, la marche de l'Horloge differe de plus de 4 à 5 secondes en 24 heures, il faut travailler à donner plus de liberté au spiral, parce qu'en serrant le piton, on a pu le déranger, & si le spiral n'est

pas à ſon point, il faut l'allonger ou l'accourcir ſelon les régles indiquées, & régler enſuite l'Horloge par les maſſes, & ſans toucher au pince-ſpiral.

557. 6°. Faire les épreuves du chaud au froid, & ramener la compenſation au plus près, c'eſt-à-dire, que la différence ne ſoit que 3 ou 4 ſecondes au plus en 24 heures.

Pour faire ces épreuves, il faut employer la température moyenne de 10 degrés pour le froid, & 20 degrés pour le chaud. Si la compenſation n'eſt pas à ſon point, on approchera ou écartera de la tige du pince-ſpiral la boëte de compenſation, & de fort peu à la fois, & on réglera l'Horloge à chaque fois.

558. 7° enfin, l'Horloge conduite à ce point, & étant réglée au plus près, on fera les épreuves pour dreſſer la Table des arcs & de la température.

REMARQUE.

559. Pour travailler à former la Table compoſée des arcs & de la température, il faut choiſir le tems où les nuits ſont froides & où le thermomètre ſe tient à 5 ou 6 degrés au-deſſus de la glace.

560. On commencera les épreuves pour la formation de la Table, par le terme du plus grand froid, afin de pouvoir augmenter la chaleur par gradation, en ſuivant l'ordre ci-après. Et je dois obſerver auparavant qu'il eſt néceſſaire de choiſir pour ces épreuves une chambre qui ſoit ſituée au Nord, afin d'éviter les différences de température qui ont lieu du jour à la nuit, lorſque cette chambre eſt ſituée au Midi ou au Levant.

561. 8°. On ouvrira les portes de l'étuve, ainſi que la fenêtre de la chambre où ſe font les épreuves, & on laiſſera l'Horloge au froid pendant pluſieurs heures, afin que l'intérieur de la machine éprouve la même température que le thermomètre indique.

De la Table composée des arcs & de la température.

Ordre à suivre pour faire les épreuves servant à la formation de cette Table.

562. 1°. Placer l'Horloge dans l'étuve, la mettre de niveau, poser sur la glace de l'Horloge le thermomètre qui doit accompagner cette machine à la mer. Il faut commencer les épreuves par le terme du plus grand froid, 3 degrés par exemple du thermomètre, au-dessus de la glace.

563. 2°. Avant de compter la marche de l'Horloge, il faut qu'elle ait été au moins 12 heures au froid, afin que toutes les parties intérieures de la machine soient également pénétrées par le degré de froid indiqué par le thermomètre.

Premiere partie de la Table, par 3 degrés du thermomètre.

564. 3°. L'Horloge ayant été 12 heures au froid, de 3 degrés, on écrira sur le Journal sa marche, ou la différence de l'heure qu'elle marque, avec l'heure de l'Horloge astronomique : on portera également sur le Journal le degré du thermomètre, & le nombre de degrés *naturels* décrits par le balancier.

565. 4°. Au bout de 12 heures, on portera sur le Journal le tems de l'Horloge ; l'étendue des arcs, & le degré du thermomètre doivent être aussi portés ; mais ils ne doivent pas avoir changé. Nous supposons ici les arcs de 106 degrés, & le thermomètre 3 degrés ; on aura donc la marche de l'Horloge par le froid 3 degrés, & l'étendue des arcs naturels à ce degré, ce sera le premier terme de la premiere partie de la Table.

566. 5°. Mettre un contre-poids, pour que les arcs soient de 5 degrés plus petits, c'est-à-dire, 101.

567. 6°. Au bout de ſix heures, noter le tems de l'Horloge, les arcs & le degré du thermomètre, & ajouter au contre-poids, afin que les arcs ſoient de *96* degrés.

568. 7°. Au bout de ſix heures, noter le tems de l'Horloge, & ajouter au contre-poids, pour que les arcs ſoient de *91* degrés, le thermomètre étant toujours à *3* degrés.

569. 8°. Au bout de ſix heures, noter le tems de l'Horloge, les arcs *90* degrés, & on ôtera les contre-poids ajoutés pour diminuer les arcs.

Seconde partie, par 10 degrés de température.

570. *9*°. Allumer une mèche, & faire monter le thermomètre à 10 degrés, l'entretenir à ce point, pendant 12 heures, afin d'avoir l'arc naturel du balancier par cette température, & que toutes les parties de la machine en ſoient également pénétrées

571. 10°. Lorſqu'on ſe ſera aſſuré pendant 12 heures de tems, que l'Horloge eſt à la température de 10 degrés, on portera ſur le Journal les tems de l'Horloge, l'étendue des arcs, & le degré 10 du thermomètre.

572. 11°. Au bout de 12 heures, on notera le tems de l'Horloge, l'arc décrit, & le degré 10 du thermomètre, & on aura la marche de l'Horloge, par la température 10 degrés; on aura le premier terme de la ſeconde partie de la Table, 10 degrés de température, & les arcs naturels décrits par le balancier que nous ſuppoſons de 110 degrés.

573. 12°. Mettre un contre-poids, pour faire décrire 105 degrés, ou 5 degrés de moins que les arcs naturels.

574. 13°. Au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge : on aura la marche par 105 degrés d'arcs, à 10 degrés de température. Le ſecond terme indiquera les quantités dont l'obſervateur doit tenir compte, lorſque l'épaiſſiſſement des huiles aura diminué de 5 degrés, les arcs décrits par le balancier, ou 105 degrés : ajouter au contrepoids, pour que les arcs ſoient de 100 degrés.

575. 14°. Au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge, ajouter au contre-poids, pour que les arcs ſoient de 95 degrés, & noter le tems de l'Horloge, au bout de 6 heures; on aura tous les termes de la ſeconde partie de la Table, par 10 degrés du thermomètre. On ôtera le contre-poids.

Troiſieme partie de la Table, par 18 degrés de thermomètre.

576. 15°. Allumer une méche de plus, & faire monter le thermomètre à 18 degrés, l'entretenir à ce point, pendant 12 heures, de ſorte que l'Horloge ſoit intérieurement à cette température.

577. 16°. Noter le tems de l'Horloge, & la laiſſer à cette température; au bout de 12 heures, noter le tems de l'Horloge. l'arc décrit par le balancier, on aura la marche de l'Horloge, par 18 degrés du thermomètre, & l'arc naturel, par cette température; je le ſuppoſe 113 degrés; ce ſera le premier terme de la troiſieme partie de la Table.

578. 17°. Mettre un contre-poids pour diminuer les arcs de 5 degrés, ou pour être de 108 degrés; au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge, par 108 degrés arcs & 18 degrés de thermomètre.

579. 18°. Ajouter au contre-poids, pour que les arcs ſoient de 103 degrés; au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge.

580. 19°. Ajouter au contre-poids, pour que les arcs ſoient de 98 degrés; au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge, on aura tous les termes de la troiſième partie de la Table, par 18 degrés: on ôtera les contre-poids.

Quatrième partie de la Table, par 26 degrés de Thermomètre.

581. 20°. Allumer une méche de plus, & faire monter le thermomètre à 26 degrés, l'entretenir à ce point, pen-

dant 12 heures, pour que l'intérieur de la machine ſoit à ce degré de chaleur.

582. 21°. Au bout de 12 heures, on notera le tems de l'Horloge, l'arc décrit par le balancier que je ſuppoſe 115 degrés, & le degré 26 du thermomètre.

583. 22°. Au bout de 12 autres heures, on notera le tems de l'Horloge & l'arc 115 décrit : on aura la marche de l'Horloge par 26 degrés du thermomètre, & l'arc *naturel* décrit à ce degré de chaleur; ce ſera le premier terme de la quatrième partie de la Table.

584. 23°. Mettre un contre-poids, pour réduire les arcs naturels à 110 degrés, au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge.

585. 24°. Ajouter au contre-poids, pour réduire les arcs à 105 degrés, au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge.

586. 25°. Ajouter au contre-poids, pour réduire les arcs à 100 degrés, au bout de 6 heures, noter le tems de l'Horloge; on aura enfin, par-là, tous les termes des quatre parties de la Table. On ôtera les contre-poids.

Voyez ci-après le modèle d'épreuves de cette méthode appliqué à l'Horloge (n° 17) à poids.

587. EXEMPLE OU MODELE D'EPREUVES,

HORLOGE A LONGITUDE N° 17.

Pour la Table de la température & des arcs.

Première Partie par le froid, 5 degrés au-dessus de 0.

à 6 h. M. Mise au froid, l'Horloge de niveau dans son étuve.

à 6 h. 20' S. Retarde 9'' $\frac{1}{2}$, arc naturel 105 d., Thermomètre 5 d.

Le 9 à 6 h. 20'' M. Ret. 17''... arc 105... Th. 5 ret. 7'' $\frac{1}{2}$ en 12 h. = 15'' en 24 h. mis un contre-poids, arc 100 d.

à 11 h. 20'. Ret. 21' $\frac{1}{2}$, arc réduit 100, Th. 5 d. ret. 4'' $\frac{1}{2}$ en 5 h = 21'' $\frac{6}{10}$ en 24 h. ajouté au contre-poids, arc 95 d.

4 h. 20'. Ret. 27'' $\frac{3}{4}$, arc réduit 95, Th. 5 d. ret. 6'' $\frac{1}{4}$ en 5 h. = 30'' en 24 h. ôtez le contre-poids.

Seconde Partie par 12 degrés.

Allumé la lampe, 1 mêche.

Le 10 à 7 h. 20' M. Ret. 42'', Th. 12 d. arc naturel 110 d.

7 h. 20' S. Ret. 48'', Th. 12 d. arc naturel 100 d. ret. 6'' en 12'' = 12 en 24 h. mis un contre-poids, arc réduit 105 d.

Le 11 à 8 h. 20' M. Ret. 56 $\frac{1}{4}$, Th. 12, arc réduit 105 d. ret. 8'' $\frac{1}{4}$ en 13 h. = 15 $\frac{2}{10}$ en 24 h. ajoutés au contre-poids, arc réduit 100 d.

à 2 h. 20' S. Ret. 1' 3'', Th. 12, arc réduit 100 d. ret. 6'' $\frac{3}{4}$ en 6 h. = 27'' en 24 h. ôtez les contre-poids.

Troisieme Partie par 18 degrés.

Allumé 2 mèches.

Le 12 à 6 h. 0' M. Ret. 1' 15'', arc naturel 114, Th. 18 d.

à 12 h. 0' Ret. 1' 16'' $\frac{1}{2}$, arc 114, Th. 18 d. ret. 1'' $\frac{1}{2}$ en 6 h. = 6'' en 24 h. mis contre-poids, arc 109 d.

à 6 h. 0' S. Ret. 1' 19'' $\frac{1}{4}$, arc réduit 109, Th. 18, ret. 2'' $\frac{3}{4}$ en 6 h. = 11'' en 24 h. ajouté au contre-poids, arc 105.

à 9 h. 0' S. Ret. 1' 22'' $\frac{3}{4}$, arc réduit 105, Th. 18, ret. 3'' $\frac{1}{2}$ en 3 h. = 28'' en 24 h. ôtez les contre-poids.

Quatrieme Partie par 26 degrés.

Allumé 3 mêches.

Le 13 à 5 h. 35' M. Ret. 1' 24'' $\frac{3}{4}$, arc naturel 114, Th. 26.

à 10 h. 35'. Ret. 1' 25'' $\frac{1}{2}$, arc naturel 114, Th. 26, ret. $\frac{3}{4}$'' en 5 h. = 3'' $\frac{6}{10}$ en 24 h. mis contre-poids arc 109.

à 3 h. 35'. Ret. 1' 26'' $\frac{1}{2}$, arc réduit 109, Th. 26, ret. 1'' en 5 h. = 4'' $\frac{8}{10}$ en 24 h. ajouté au contre-poids, arc 103.

8 h. 35'. Ret. 1' 28'' $\frac{3}{4}$, arc réduit 103, Th. 26, ret. 2'' $\frac{1}{4}$ en 5 h. = 10'' $\frac{8}{10}$ en 24 heures.

HORLOGE A LONGITUDE N° 17.

Table d'Equation composée des corrections qu'il faut faire au temps de l'Horloge, à raison des changemens de la température, & de l'étendue des arcs décrits par le balancier.

Première Partie par le froid de 5 degrés de Thermomètre au-dessus de o.

Arcs naturels 105 degrés, l'Horloge retarde de 15″ en 24 heures.
Arcs supposés 100 d. . . . . . retardera de 21″ $\frac{6}{10}$.
95 d. . . . . . retardera de 30″

Seconde Partie, par 12 d. de Thermomètre au-dessous de o.

Arcs naturels 110 d. . . . . . retarde de 12″ en 24 h.
Arcs supposés 105 d. . . . . . retardera de 15″ $\frac{2}{10}$.
100 d. . . . . . retardera de 27″.

Troisième Partie, par 18 d. du Thermomètre.

Arcs naturels 114 d. . . . . . retarde de 6″ en 24 h.
Arcs supposés 109 d. . . . . . retardera de 11″
104 d. . . . . . retardera de 28″

Quatrième Partie, par 26 d. du Thermomètre.

Arcs naturels 114 d. . . . . . retarde de 3″ $\frac{6}{10}$ en 24 h.
Arcs supposés 109 d. . . . . . retardera de 4″ $\frac{8}{10}$.
103 d. . . . . . retardera de 10″ $\frac{8}{10}$.

Remarque.

En retranchant de tous les termes de la Table ci-dessus le plus petit 3″ $\frac{6}{10}$, c'est-à-dire, qu'en supposant l'Horloge réglée par les arcs naturels, du 26e degré de température, on aura la Table suivante, réduite à la plus simple expression.

HORLOGE A LONGITUDE N° 17.

Table d'Equation composée des corrections qu'il faut faire au temps de l'Horloge, à raison des changemens de la température & de l'étendue des arcs décrits par le balancier.

Première Partie par le froid de 5 degrés de Thermomètre au-dessus de 0.

Arcs naturels 105 degrés, l'Horloge retarde de 11'' $\frac{4}{10}$ en 24 heures.
Arcs supposés 100 d. . . . . . . retardera de 18''.
95 d. . . . . . . retardera de 26'' $\frac{4}{10}$

Seconde Partie par 12 degrés du Thermomètre.

Arcs naturels 110 d. . l'Horloge retarde de 8'' $\frac{4}{10}$ en 24 heures.
Arcs supposés 105 d. . . . . . retardera de 11'' $\frac{6}{10}$
100 d. . . . . . retardera de 13'' $\frac{4}{10}$

Troisième Partie par 18 degrés du Thermomètre.

Arcs naturels 114 d. . l'Horloge retarde de 2'' $\frac{4}{10}$ en 24 heures.
Arcs supposés 109 d. . . . . . retardera de 7'' $\frac{4}{10}$
104 d. . . . . . *idem* . . de 24'' $\frac{4}{10}$

Quatrième Partie par 16 degrés du Thermomètre.

Arcs naturels 114 d. . l'Horloge supposée réglée = 0'' correction.
Arcs supposés 109 d. . . . . . retardera de 1'' $\frac{2}{10}$
103 d. . . . . . *idem* . . de 7'' $\frac{2}{10}$

REMARQUE.

588. La compensation du chaud & du froid dans cette Horloge est trop forte. Il eut été à propos avant de travailler à la formation de cette Table, de conduire au plus-près la compensation par la température moyenne de 10 d. à 20 d. du Thermomètre : car ici de 12 à 18 d. il y a 6'' de différence en 24 heures, & on auroit pu l'amener à 0; les différences seroient rejettées dans les termes extrêmes du chaud & du froid, qui sont moins fréquents en mer.

589. Toutes les opérations que nous venons de détailler étant faites, on pourra placer le tambour & l'Horloge sur la suspension; on mettra de l'huile aux pivôts de suspension, après qu'elle aura été nettoyée, & en cet état il convient de vérifier la position horisontale de l'Horloge sur la suspension, en plaçant un niveau à bulle d'air sur la glace. Si elle n'est pas horisontale dans tous les points, il faudra les ramener par les vis de la suspension, & par les *porte-pivots* qui sont attachés au tambour; ces *portes-pivots* peuvent se mouvoir en *coulisse*, en desserrant les vis, & en frappant avec un marteau, ensuite on resserrera les vis.

Fin de la première Partie.



DE LA MESURE DU TEMPS.

SECONDE PARTIE.

Des moyens de perfectionner les Montres de poche, & les Horloges Aſtronomiques.

CHAPITRE PREMIER.

Des Cauſes de variations des Montres de poche.

590. QUOIQUE la théorie & les principes que j'ai donnés dans mon *Traité des Horloges Marines*, & dans la premiere Partie de cet Ouvrage pour la compoſition des petites Horloges à Longitude, ſoient également applicables aux Montres de poche, que la conſtruction même de ces machines puiſſe être employée dans les Montres, je m'arrêterai ici à traiter particulièrement ce qui regarde les Montres de poche, en eſſayant de donner à ces petites

machines qui servent à la Mesure du Temps une justesse plus constante. Je le fais sur-tout en faveur des Artistes qui n'auront pas voulu faire par eux-mêmes cette application; & je vais essayer de leur tracer la route.

591. J'ai traité fort au long dans l'*Essai sur l'Horlogerie*, de la théorie, de la construction & de l'exécution des Montres *ordinaires* : je n'ajouterai rien à cet objet; car en suivant les méthodes que j'ai indiquées, on parviendra à faire des Montres avec toute la perfection requise pour l'usage du Public; mais il reste à désirer, pour les observateurs & les amateurs, d'avoir des Montres portatives qui ayent toute la justesse possible : or les connoissances & les expériences acquises par le travail des Horloges & des Montres à Longitude, facilitent les moyens propres à remplir cet objet; mais avant de proposer ces moyens de perfection, il faut premièrement examiner & indiquer les vices de construction & d'exécution des Montres ordinaires.

Causes de variations des Montres de poche.

1°. *Les changemens dans les frottemens des pivots, & dans les résistances des huiles.*

592. Le plus grand obstacle qui s'oppose à la constante justesse des Montres est celui des frottements des pivots, tant du rouage que du balancier, & l'augmentation dans les résistances des huiles à mesure qu'elles s'épaississent; & dont l'effet est d'autant plus sensible que la force de mouvement du régulateur des Montres est toujours très-petite : ensorte que pour peu que les huiles s'épaississent, ce qui augmente le frottement, les arcs de vibration du balancier diminuent, d'où il résulte un retard dans la marche de la Montre.

2°. Les différences de température auxquelles ces machines ſont expoſées.

593. Les changements de température auxquels ces machines ſont expoſées, par des paſſages ſubits du chaud au froid, ſont cauſe des plus grands écarts ; & les différences dans la température n'affectent pas de la même manière toutes les Montres. Car ſi le balancier d'une Montre eſt petit & léger, qu'il ait de gros pivots, le froid fera retarder la Montre, & j'en ai vu dont la différence en 24 heures étoit de 15 minutes de retard par le froid de la glace, la Montre étant réglée par 10 degrés au-deſſus ; voy. *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 1908.

594. Si au contraire le balancier eſt grand, fait des vibrations lentes, & que ſes pivots ſoient d'un petit diamètre, les frottements étant réduits à la plus petite expreſſion, alors l'action du froid ſur le ſpiral fera avancer beaucoup la Montre, & cette quantité peut aller juſqu'à 7 minutes en 24 heures d'avance par le froid, la Montre étant réglée dans le gouſſet, *Eſſai* n° 1894.

595. Mais en ſuppoſant même que l'on ait fait uſage de la compenſation *naturelle* des huiles (dont nous avons établi la théorie, *Eſſai ſur l'Horlogerie*, chap. XXX, deuxième Partie), la Montre où cette compenſation a lieu ne conſervera ſa marche que pendant que les huiles ſeront fraîches ; car à meſure qu'elles s'épaiſſiront, la Montre ira en retardant, & elle finira par avancer par le chaud, & retarder par le froid.

3°. Les diverſes poſitions d'une Montre, horiſontale, verticale ou inclinée.

596. Une Montre de poche eſt néceſſairement expoſée à être tantôt verticale, tantôt horiſontale ou inclinée de divers

ſens, & tels ſoins qu'on apporte en la réglant par ces diverſes poſitions, il ſera bien difficile d'empêcher qu'il ne reſte encore des variations. Mais en ſuppoſant même qu'elle ſoit bien réglée dans ces poſitions au moment où la Montre vient d'être terminée & nettoyée, il ne s'enſuit pas de-là quelle puiſſe toujours conſerver cette perfection : car au contraire, à meſure que les huiles s'épaiſſiront, & que les frottements changeront de nature, ils affecteront différemment la marche de la Montre, laquelle variera en paſſant de la poſition horiſontale à la verticale.

4°. *Les agitations du porté.*

597. On doit compter parmi les obſtacles qui s'oppoſent à la juſteſſe des Montres, celui des agitations & ſecouſſes auxquelles une Montre de poche eſt expoſée en la portant : l'effet des agitations eſt néceſſairement d'augmenter ou de diminuer l'étendue des vibrations du balancier : or comme les oſcillations d'inégale étendue ne ſont pas naturellement de même durée, il s'enſuit des variations dans la marche de la Montre.

5°. *La chaleur du gouſſet qui deſſéche promptement l'huile des pivots de la Montre.*

598. Une Montre qui eſt portée dans le gouſſet éprouve une chaleur ſi conſidérable, que les huiles ſont promptement deſſéchées, enſorte que cela change la compenſation qui avoit lieu, la Montre varie par ſes diverſes poſitions, &c. ainſi que nous venons de le dire ci-devant ; enfin la Montre paſſe de cette grande chaleur (ſur-tout en hiver) à un grand froid ; & ces différences ſubites, & par les termes éloignés, affectent encore la marche de la Montre.

6°.

6°. La nature des huiles employées dans la Montre.

599. Il eſt infiniment important d'employer de bonne huile aux pivots d'une Montre de poche; car la Montre la plus parfaite, dans laquelle on aura mis de l'huile de bonne qualité, ceſſera d'avoir la même exactitude lorſqu'après avoir été démontée, & nettoyée on mettra de l'huile moins bonne.

7°. Les défauts du reſſort moteur, tel qu'il eſt employé dans les Montres, &c.

600. Par la conſtruction des Montres, le reſſort-moteur eſt dans un trop grand rapport avec la puiſſance du régulateur, enſorte qu'il le maîtriſe & lui tranſmet ſes inégalités & il cauſe de très-grands frottement; d'ailleurs, par la mauvaiſe diſpoſition du grand reſſort, il ſe trouve toujours dans un état forcé lorſque la Montre eſt remontée, parce qu'il ne reſte ordinairement qu'un demi-tour de *vuide*; or de tels reſſorts ſont expoſés à perdre de leur force ou à caſſer.

8°. Les mauvais engrenages.

601. On emploie communément des pignons de 6 dans les Montres, ce qui forme de très-mauvais engrenages, & les trous des pivots s'uſent promptement, ce qui augmente le frottement, & ajoute encore aux autres vices de ces machines, & cauſe des variations dans l'étendue des arcs décrits par le balancier, & par conſéquent dans la marche de la Montre.

9°. Les vices des échappements employés dans les Montres.

602. L'échappement, cette partie ſi importante dans toutes les machines qui meſurent le temps, l'eſt encore plus

dans les Montres, parce que les changements qu'il éprouve par ses frottements & inégalités, ont plus d'influence sur le régulateur qui est un balancier léger, qui a peu de force & de mouvement : & comme les Montres reprennent toute seules leur mouvement lorsqu'elles ont été arrêtées & qu'on les remonte, le moteur a, comme nous l'avons observé, un grand rapport avec la force du balancier, & par conséquent la pression ou frottement en est d'autant plus grande dans l'échappement à cylindre qui est le plus en usage, quoiqu'il soit en effet fort mauvais : car cet échappement exigeant de l'huile, il en résulte des variations très-grandes à mesure que l'huile s'épaissit ; & lorsquelles sont desséchées, le cylindre se creuse & se détruit : l'échappement à roue de rencontre n'a pas les mêmes défauts, mais en revanche le moindre changement dans la force motrice affecte la durée des vibrations qui sont plus promptes par les grands arcs, & plus lentes par les petits.

10°. *Les oscillations d'inégales étendues, décrites par le balancier, ne sont pas isochrones.*

603. Enfin une des causes les plus essentielles des variations des Montres, c'est celle du non-isochronisme des vibrations du balancier ; car les arcs varient à chaque instant, soit par les agitations du porté, soit par les diverses positions de la Montre, soit par le chaud & par le froid : par les changements dans la force motrice, dans les frottements, les engrenages, les résistances des huiles, &c ; ce qui fait nécessairement varier la Montre à chaque instant.

604. D'après l'exposé exact que nous venons de faire des défauts des Montres, on peut être certain que si des machines de cette espèce ont cependant une sorte de régularité, elle n'est due qu'à des vices qui sont détruits par d'autres, ensorte que le hasard contribue plus à leur justesse, que l'art des Ouvriers qui les exécutent.

CHAPITRE II.

Des Principes de construction des Montres portatives, pour obtenir de ces machines la plus grande justesse.

Observations préliminaires sur les diverses sortes de Montres à employer pour l'usage du Public & des Observateurs.

605. DANS l'état de perfection où l'Art de l'Horlogerie est maintenant porté, on peut divisér en trois espèces les Montres portatives servant à la Mesure du Temps.

606. La première classe comprend les Montres ordinaires, simples ou à répétition, à cylindre, &c, dans lesquelles la compensation du chaud & du froid est produite par les frottements & les résistances des huiles des pivots de balancier, (voy. *Essai sur l'Horlogerie* n° 1880 *& suiv*). On conçoit aisément, d'après les obstacles dont nous avons rendu compte ci-devant, (chap. 1, n°. 593 & suiv.) qu'il n'est pas possible que la justesse des Montres *ordinaires* soit long-tems la même à cause de la quantité absolue que doivent avoir les frottements & les résistances des huiles, pour produire la compensation ; or les huiles varient & changent promptement ; ensorte que la justesse que l'on peut obtenir de ces machines, quoique suffisantes pour l'usage du Public, ne l'est nullement assez pour les Observateurs qui ont besoin de précision.

607. La seconde classe comprend les Montres à Secondes que j'ai appellée *Montres Astronomiques*, & auxquelles j'ai appliqué un méchanisme pour la compensation du chaud & du froid : j'en ai construit deux sur ce principe ; l'une a été vendue à Londres en 1766, & l'autre a été faite en 1768, pour M. le Chevalier de Fleurieu (*a*).

(*a*) *Traité des Horloges Marines*, Appendice, pag. 533, & Introduction pag. xxiv.

Je place dans la troisième classe des Montres portatives ma Montre à Longitude, commencée en 1764 pour M. le Marquis de Courtenvaux; voy. première partie, chap. XII.

608. Dans les Montres ordinaires à *compensation naturelle*, il faut augmenter à dessein les frottements & les résistances des huiles des pivots de balancier, & diminuer la puissance du balancier au point requis, pour obtenir la compensation du chaud & du froid : or dans ce cas la force motrice maîtrise nécessairement le régulateur ; j'ai suffisamment traité de ces sortes de Montres dans l'*Essai sur l'Horlogerie* auquel je renvoye.

609. Le régulateur des Montres Astronomiques doit avoir la plus grande puissance, & les frottements de ses pivots doivent être les plus petits possibles : les pivots de balancier des Montres Astronomiques doivent tourner dans des trous, de même que ceux des Montres ordinaires ; la position de cette sorte de Montre doit pouvoir être indifféremment horisontale, verticale ou inclinée.

610. Pour donner aux Montres de la troisième classe, que j'appelle *Montre à Longitude* toute la justesse possible, il faut dégager les pivots du balancier de leurs frottements au moyen des rouleaux, & il est à propos que les Montres de cette espèce conservent le plus qu'il est possible la même position; mais comme j'ai déja traité ci-devant ce qui concerne les Montres à Longitudes, je me bornerai ici aux Montres Astronomiques.

Principes sur les Montres portatives.

611. Obtenir d'une Montre portative une justesse constante, est la chose qui éprouve le plus d'obstacles : rien cependant ne seroit plus utile ni intéressant, que de pouvoir donner à ces machines plus de régularité. Aujourd'hui (en 1771) que je crois avoir acquis les connoissances nécessaires pour en tracer la route, je vais, guidé par les principes que

j'ai établi ſur les Horloges Marines, indiquer les moyens propres à donner aux Montres portatives toute la juſteſſe qu'elles comportent.

612. Trois parties eſſentielles ſont la baſe de la juſteſſe des Montres portatives, de même que pour les Horloges à longitudes.

613. 1°. La juſteſſe de ces machines eſt fondée ſur la réduction & la conſtante uniformité des frottements, qui doivent être tels, que le balancier décrive conſtamment des arcs de même étendue, ſoit que la Montre ſoit verticale ou horiſontale; & il faut de plus que ces arcs changent peu d'étendue par le chaud ou par le froid, & que l'épaiſſiſſement propre des huiles ne faſſe pas varier les arcs de vibrations du balancier : or cet état de perfection dépend du rapport entre la peſanteur & la vîteſſe du balancier avec le diamètre des pivots; cela dépend particulièrement de la matière que l'on emploie pour faire les trous des pivots : ſi les trous ſont en cuivre ou en or, le balancier doit être beaucoup plus léger, (les pivots reſtant les mêmes), que ſi les trous étoient faits en rubis.

614. 2°. La juſteſſe d'une Montre eſt plus encore eſſentiellement fondée ſur la nature des oſcillations du balancier, leſquelles doivent être telles, que ſoit que le balancier décrive des grands ou des petits arcs, les oſcillations ſoient rigoureuſement iſochrones ou d'égale durée : or j'ai démontré, dans mon *Traité des Horloges Marines*, que cette propriété ſi déſirable peut être obtenue par le ſpiral lui-même, & j'ai établi dans cet Ouvrage les principes de cette théorie : j'ai également établi tous les moyens propres à parvenir à rendre le ſpiral iſochrone (*a*).

(*a*) J'obſerverai ici qu'il ne ſuffit pas encore que le ſpiral ſoit iſochrone, pour que les oſcillations d'inégale étendue ſoient de même durée, car ſi le balancier éprouve trop de frottement dans les pivots, il arrivera néceſſairement, que ces frottements venant à changer, ainſi que les réſiſtances des huiles, ces changements produiront des variations dans la Montre, dont les oſcillations d'abord iſochrones, ceſſeront de l'être par cet accroiſſement de frottement, qui rendra les petites vibrations plus lentes que les grandes, & cet effet des frottements eſt très-certain. Voy. *Eſſai ſur l'Horlogerie*, (n° 1881), la compenſation que cet effet produit dans les Montres.

615. 3°. Une Montre portative qui réunit les deux qualités que je viens d'énoncer, feroit néceſſairement de très-grandes variations, ſi on n'employoit pas, ainſi que je l'ai fait dans mes Horloges à Longitude, un moyen de compenſation pour la correction des effets du chaud & du froid : le troiſième article néceſſaire, pour avoir une Montre parfaitement exacte, conſiſte donc dans la compenſation des effets du chaud & du froid.

616. 4°. Un quatrième article très-important dans la compoſition d'une Montre exacte, conſiſte dans l'échappement, lequel doit être tel qu'il ne trouble pas la nature des oſcillations iſochrones fondées par le ſpiral, & il faut de plus qu'il n'ait pas de frottement qui, à la longue, puiſſe altérer la juſteſſe de la Montre : & tel eſt l'échappement libre que j'ai compoſé & appliqué également à mes Horloges à Longitude & à mes Montres portatives.

617. 5°. Il eſt très-important d'avoir un reſſort moteur qui ne ſoit pas dans un état forcé ; pour cette effet, il faut ſuivre les moyens employés dans mes Montres à Longitude, où le grand reſſort a au moins trois tours de reſte au haut ; voy. chap. V, première partie.

618. 6°. Il ne faut pas que la Montre ceſſe de marcher pendant qu'on la remonte ; ainſi dans une telle machine il faut faire uſage du remontoir logé dans la fuſée, de même que dans les Horloges à Longitude, (*Traité des Horloges Marines*, (n° 681, 811).

619. 7°. Enfin le rouage de la Montre doit être réduit au plus ſimple comme dans mes petites Horloges à Longitude, employer des pignons nombrés, & cependant les roues les plus petites & les plus légères ; voy. Planche III, fig. 6 & 7.

620. Je n'entrerai pas ici dans de plus grands détails ſur la conſtruction d'une Montre Aſtronomique ; il faudroit répéter ce que j'ai dit ci-devant, chap. IX, en traitant de la Montre à Longitude n 1, & chap. XI, pour celle n° 36.

Des épreuves qu'il faut faire ſubir aux Montres Aſtronomiques de poche, pour obtenir toute la juſteſſe qu'elles comportent.

621. Pour faire les épreuves dont nous allons parler, il faut que la Montre ſoit entièrement terminée, miſe libre & remontée dorée, l'echappement fini; de même que le méchaniſme de compenſation.

622. Le balancier ne doit pas être rivé ſur ſon axe comme on le pratique dans les Montres ordinaires; mais il doit être fixé par deux vis, afin de pouvoir en changer ſelon le beſoin, de même que je l'ai toujours pratiqué dans mes Horloges & Montres à Longitude: pour cet effet, la tige & l'aſſiette de balancier doit être d'une ſeule pièce: l'aſſiette doit être très-petite, & formée ſur la tige même, & faite avec le meilleur acier; dans mon échappement libre, la tige de balancier doit porter une ſeconde aſſiette, ſur laquelle il faut auſſi attacher par deux petites vis le cercle d'échappement.

1°. *Déterminer le rapport du poids du balancier avec les pivots.*

623. La première épreuve qu'il convient de faire avec la Montre, c'eſt de déterminer la peſanteur que doit avoir le balancier relativement à la groſſeur de ſes pivots: elle doit être telle qu'en faiſant marcher la Montre horiſontalement, ou verticalement, l'étendue des vibrations ſoit la même, *Traité des Horloges Marines*, n° 112; on ajuſtera donc un ſpiral plié, ſerré, & faiſant au moins ſix tours, & on fera marcher la Montre. Si les arcs ſont plus grands, la Montre étant plus horiſontale, que verticale; c'eſt une preuve que le balancier eſt trop peſant; mais on peut partir d'après des expériences déja faites; par exemple, j'ai trouvé qu'un balancier qui fait quatre vibrations par ſecondes, a 10 lig. de diametre,

& pese six grains $\frac{1}{4}$, décrit les mêmes arcs, horisontal ou vertical.

2°. Régler l'isochronisme des vibrations par le spiral.

624. Pour obtenir un spiral isochrone dans une Montre, il faut se servir de lames d'acier bien travaillées, & égales de force, les plier en un grand nombre de tours serrés & d'un petit diametre, en suivant les règles établies, *Traité des Horloges* (n° 150 & suiv.). Les épreuves pour l'isochronisme doivent être faites de la même manière que je l'ai expliqué ci-devant (n° 535 & suiv.) pour les petites Horloges à Longitude.

3°. Régler la pésanteur du balancier sur celle du spiral.

625. Lorsque le spiral d'une Montre est reconnu isochrone, il faut régler la Montre en changeant le poids du balancier ; s'il est trop léger, il faut en mettre un autre, & c'est par cette raison que le balancier doit être fixé par deux vis ; s'il est trop pesant, il faut le diminuer jusques à ce que la Montre soit réglée, & sur-tout il ne faut pas toucher au pince-spiral, de peur de changer l'isochronisme en changeant la longueur du spiral & le point par lequel il est isochrone ; le balancier doit décrire les plus grands arcs possibles & au moins de 300 degrés, 1°. parce que le régulateur acquiert une force de mouvement qui croît comme les quarrés des arcs ; 2°. parce que les grands arcs sont plus isochrones entr'eux, (n° 533) ; 3°. parce que la Montre est moins susceptible des agitations *du porté.*

4°. Régler la quantité de force motrice.

626. Pour donner à la Montre la quantité de force motrice qui lui est convenable, cela dépend de l'étendue d'arcs que le balancier doit décrire ; & cette étendue doit être

être déterminée par le point où les arcs ſont plus iſochrones entr'eux; voy. ci-devant, (n° 138).

5°. Régler la Montre platte & pendue.

627. L'iſochroniſme des vibrations étant trouvé dans la Montre, & la force motrice convenable à cet iſochroniſme étant auſſi réglée d'après, il faudra régler la Montre par ſes diverſes poſitions horiſontale & inclinée, ce qui ſe fera en ôtant du poids du balancier convenablement, *Eſſai ſur l'Horlogerie* (n° 2561).

6°. Examen du méchaniſme de compenſation.

628. Une épreuve importante à la juſteſſe de la Montre, c'eſt celle qui ſert à conſtater les effets de méchaniſme de compenſation, & à s'aſſurer qu'aucun mouvement ou agitation ne peuvent le déranger, & que le reſſort du pince-ſpiral eſt de la force convenable à la puiſſance de ce méchaniſme; voy. ci-devant (n° 530) la règle que l'on doit ſuivre pour fixer la force de ce reſſort, & les effets du méchaniſme de compenſation.

7°. Régler la compenſation du chaud à du froid.

629. Enfin la Montre conduite à ce point, il reſtera à la régler par diverſes températures : pour cet effet, il ſeroit convenable d'avoir une étuve diſpoſée, comme celle repréſentée; *Traité des Horloges*, Planche XXVI, fig. 1; on doit ſuivre pour ces épreuves la même méthode que pour les Horloges à Longitude, & ſur-tout il faut que la Montre, dans ces épreuves, ſoit toujours dans la même poſition en repos, afin de ne pas attribuer à la température, des variations qui pourroient dépendre d'autres cauſes.

CHAPITRE III.

Diverses Observations sur la construction des Montres de poche, relativement au poids du balancier ; à la maniere de régler les Montres, par différentes positions, &c ; & aux moyens de compensation, pour les effets du chaud & du froid.

ARTICLE I.

Du poids qu'il convient de donner au balancier d'une Montre portative, selon la nature de sa construction, & de ses frottemens.

630. Une condition essentielle que l'on doit avoir en vue dans la composition d'une Montre, c'est que le balancier décrive des arcs de même étendue, lorsque la Montre est horisontale ou lorsqu'elle est verticale (*a*).

Par ce moyen, les vibrations sont nécessairement de même durée, (en supposant que le balancier est parfaitement d'équilibre) : or cet état de perfection dans le régulateur dépend de la pesanteur du balancier, de la grosseur de ses pivots, du nombre de ses vibrations.

631. Lorsque les pivots du balancier roulent dans des trous faits en cuivre ou en or, le balancier doit être plus léger, afin d'égaliser les frottements qui sont naturellement plus grands par la circonférence des pivots que par la pointe.

632. Si les trous sont faits en rubis, ils peuvent supporter un balancier plus pesant.

(*a*) Voy. *Traité des Horloges Marines*, n° 122.

633. Enfin, si le balancier tourne entre des rouleaux comme ceux de mes Horloges à Longitude, le balancier sera beaucoup plus pesant, & cependant il décrira les mêmes arcs dans les deux positions horisontale & verticale ; nous allons donner ici le résultat de quelques expériences servant à fixer la puissance du régulateur des Montres portatives.

634. Le balancier de ma première Montre Marine pese 105 grains (*a*); il a 24 lig. de diamètre, & fait quatre vibrations par secondes ; sa pointe rouloit sur un rubis (*b*) : en cet état les arcs étoient plus petits lorsque la Montre étoit horisontale, que lorsqu'étant verticale le poids du balancier étoit soutenu par les rouleaux, ce qui prouve que la pesanteur du balancier étoit trop grande, & que les frottements par la pointe de l'axe étoient plus grands que ceux par la circonférence ; ce balancier ne devroit peser que 50 grains pour égaliser l'étendue des arcs par les diverses positions.

635. Le balancier de ma Montre à Longitude Astronomique portative, pese 33 grains ; il a 13 lig. de diamètre, fait 6 vibrations par secondes : dans cette Montre, l'étendue des arcs de vibrations du balancier est la même, soit qu'elle soit horisontale ou verticale, les pivots du balancier tournant entre six rouleaux.

636. Le balancier de ma petite Horloge à Longitude n° 36, pese 27 grains ; il fait 6 vibrations par seconde, & il a 20 lig. $\frac{2}{3}$ de diamètre ; les arcs décrits par le balancier sont les mêmes, la Montre étant horisontale ou verticale ; l'axe du balancier tourne entre trois rouleaux, & sa pointe roule sur un diamant.

637. Voilà donc des expériences sûres qui fixent la pesanteur qu'il convient de donner au balancier ; lorsqu'il se meut sur sa pointe, & qu'il tourne entre des rouleaux.

638. Si le balancier est horisontal, & roule sur sa pointe,

(a) *Traité des Horloges Marines*, pag. 197.
(b) *Idem.*

& qu'il tourne dans des trous, alors il doit avoir beaucoup moins de puissance.

639. Le balancier qui fait quatre vibrations par seconde, & dont les pivots roulent dans des trous faits en rubis, peut peser 18 grains.

640. Si les pivots du balancier roulent dans des trous faits en cuivre ou en or, ces pivots ayant $\frac{3}{48}$ de lig. alors le balancier battant quatre vibrations par seconde, ne doit peser que 8 à 10 grains.

641. Si le balancier ne fait que deux vibrations par secondes & ses pivots roulant dans des trous en or, sa pesanteur peut-être double de celle du balancier qui fait quatre vibrations par seconde : & j'ai vu par expérience, dans une Montre que j'ai faite en 1763, que les pivots du balancier de cette Montre qui pese 22 grains & fait deux vibrations par seconde, ne sont pas trop marqués ni les trous gâtés, quoiqu'elle ait marché 23 ans passés ; le balancier de cette Montre a 11 lignes de diamètre, & ses pivots, $\frac{3}{48}$.

ARTICLE II.

De la manière de régler une Montre portative dans ses différentes positions, horisontale, inclinée, &c. par des masses.

642. Il ne suffit pas de régler une Montre portative dans les positions horisontale & verticale; il faut de plus, & cela est fort essentiel, la régler de sorte que le plan de la Montre & du balancier restant vertical, le midi soit incliné à droite & à gauche, & même le midi en bas, ou que la Montre étant horisontale, on lui fasse subir diverses

inclinaiſons : or pour régler de cette manière une Montre, il faut placer à la circonférence du balancier dans ſon épaiſſeur quatre petites maſſes miſes à vis, placées à angle droit l'une de l'autre, deux dans la verticale, & deux dans l'horiſontale; le balancier étant arrrêté dans un plan vertical, en approchant ou en éloignant deux de ces maſſes pour régler la Montre, le midi en haut & enſuite en bas, on ſe ſervira des deux autres maſſes pour régler la Montre, le midi étant à angle droit à droite, & enſuite à angle droit à gauche de la verticale.

ARTICLE III.

De la Relation ou Rapport entre la force motrice & la puiſſance du régulateur, ſelon la nature de l'échappement.

643. J'ai établi dans mon *Eſſai ſur l'Horlogerie*, & dans mon *Traité des Horloges Marines*, la néceſſité de donner peu de force motrice, afin d'éviter l'accroiſſement des frottements de l'échappement; & ce rapport doit être le plus petit poſſible lorſque l'échappement eſt à repos : car ſi la force motrice eſt trop conſidérable, l'augmentation de frottement de l'échappement peut cauſer de grandes variations dans la marche de la Montre : enſorte que, dans de telles machines, l'étendue des vibrations ſe trouve néceſſairement limitée. Mais il n'en eſt pas de même avec l'échappement à vibrations libres; on peut augmenter à volonté l'étendue des vibrations ſans que cet excès de force motrice puiſſe nuire à la juſteſſe de la machine, & c'eſt encore ici un grand avantage de cet échappement; ainſi, à tous égards, il mérite la préférence pour toutes les machines qui meſurent le temps, ſoit Horloges Marines, Montres de poche ou Horloges Aſtronomiques.

ARTICLE IV.

De la Compenſation du chaud & du froid dans les Montres de poche.

644. Le plus grand obſtacle qui s'oppoſe à la conſtante juſteſſe des Montres vient des frottements des pivots, tant du rouage que du régulateur, des réſiſtances variables des huiles, & des effets du chaud & du froid ſur le ſpiral & ſur le balancier : j'ai imaginé deux moyens pour corriger les écarts produits par les différences de la température dans les Montres de poche ; le plus ſimple paroît être celui des huiles des pivots de balancier ; & c'eſt celui que j'ai employé dans les Montres ordinaires (*a*) ; je l'appelle *compenſation naturelle.*

Le ſecond moyen eſt produit par un méchaniſme de compenſation, pareil à celui que j'ai employé dans mes Horloges Marines, Montres à Longitude ; je l'appelle *compenſation artificielle.*

645. Pour faire uſage de ces deux ſortes de moyens, il faut employer une conſtruction tout-à-fait différente dans les Montres; car, ſelon que je l'ai prouvé, *Eſſai ſur l Horlogerie,* ſeconde Partie, chap. XXVIII, & que l'expérience l'a confirmé, il faut, pour réduire les effets des frottements des pivots, que le balancier ait une grande quantité de mouvement, les frottements des pivots devenant par-là très-petits, relativement à cette force (*b*) ; la compenſation par les huiles des pivots ne peut alors avoir lieu, enſorte qu'avec un tel régulateur, il eſt de néceſſité abſolue d'employer un moyen de correction, ou méchaniſme de compenſation.

(a) *Eſſai ſur l'Horlogerie*, Chapitre XXX, ſeconde Partie.
(b) *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 2276.

646. Mais si on veut que la compensation se fasse par les résistances des huiles sur les pivots mêmes, dans ce cas, il faut suivre une route tout-à-fait opposée ; car si on employoit un grand balancier & une grande force de mouvement, on ne pourroit parvenir à cette compensation.

647. Il faut observer ici, par rapport à la compensation des Montres par les huiles, que deux Montres parfaitement de mêmes dimensions ne feront pas les mêmes écarts du chaud au froid, quoique les pivots de balancier soient de même grosseur (*a*) ; la différence de l'acier, de la trempe, & sur-tout la manière dont ils sont tournés & polis, causeront des différences très-sensibles ; le pivot le mieux tourné & poli étant parfaitement rond aura moins de frottements, & le froid en retardera moins les vibrations, ensorte que la Montre avancera par le froid : au contraire les pivots mal tournés & mal polis donneront plus de prise aux frottements & aux résistances des huiles par le froid, & la Montre retardera ; on ne peut donc absolument & rigoureusement fixer les dimensions de chaque Montre, qu'après l'expérience : il faut changer les dimensions selon le besoin, ce qui rend l'exécution des bonnes Montres infiniment difficile.

648. Enfin je dois encore remarquer que, par cette espèce de compensation des huiles, on ne peut jamais obtenir une si grande exactitude, ni si constamment : car pour cette compensation il faut que le balancier ait peu de force de mouvement, ce qui le rend susceptible des changements qui arrivent par les huiles épaissies. On obtiendra donc une Montre beaucoup plus exacte, en réduisant les frottements & les résistances des huiles à la plus petite quantité, & en donnant au contraire au régulateur la plus grande force de mouvement qu'il peut comporter, & en appliquant comme aux Horloges Marines un méchanisme de compensation.

649. Le principe général que j'ai établi pour mes Hor-

(a) *Essai sur l'Horlogerie*, n° 2295.

loges Marines, fondé ſur la théorie & vérifié par l'expérience, c'eſt que plus la force de mouvement du régulateur augmente & plus les frottements des pivots, & les réſiſtances des huiles diminuent, & les effets du chaud & du froid ſont plus ſenſibles; une telle machine avance plus par le froid, & retarde plus par le chaud : ce principe fondamental eſt également applicable aux Montres bien exécutées : il faut donc dans une Montre où les frottements ſont réduits, & la puiſſance du régulateur étant grande, appliquer un méchaniſme de compenſation, pour avoir une machine parfaitement exacte; je vais propoſer ici quelques moyens de compenſation applicables aux Montres de cette dernière eſpèce.

Deſcription du méchaniſme de Compenſation du chaud & du froid pour les Montres de poche.

Planche III, *fig.* 8.

650. Parmi les divers moyens que j'ai tentés pour obtenir la compenſation du chaud & du froid, dans les Montres de poche; celui qui m'a paru le plus ſimple & le plus commode, eſt repréſenté dans la planche III, figure 8. Cette diſpoſition a l'avantage de ne pas augmenter la hauteur de la Montre, parce que la lame compoſée peut être placée à côté du balancier, ou même dans la cage du rouage.

651. *AA*, eſt le dehors de la petite platine du rouage de la Montre; *B B*, eſt la balancier : le ſpiral *S S* eſt placé à l'ordinaire ſous le balancier, au-deſſus du rateau du pince-ſpiral *a b*; ce rateau doit être à fleurs du dehors de la petite platine *A A*. Il eſt d'acier & fort mince : *C c* eſt le pont ou coq du balancier; il porte le ſecond pont *D c*, qui ſert à donner un aſſez long tigeron à l'axe de balancier, pour que celui-ci ſoit placé à égale diſtance de ſes pivots; cette élévation ſert en-même tems à loger la lame de compen-

ſation,

tion dont le bout *d* eſt rendu fixe ſur le pont à mâchoire *E*, *d*.

652. La lame de compenſation *d*, *e*, eſt compoſée de deux lames minces bien calibrées : l'une eſt de cuivre, c'eſt celle qui eſt en dehors, du côté des lettres *d*, *f*; l'autre qui eſt d'acier, eſt en dedans ; celle-ci doit être trempée comme un reſſort, & celle de cuivre doit être parfaitement écrouie : ces deux lames ſont fixées enſemble par des chevilles rivées, diſtantes entr'elles d'environ 2 lig. ; il y a des chevilles ainſi placées dans toute la longueur de la lame compoſée : ce ſont ces chevilles qui obligent la lame à ſe courber.

653. Si cette lame compoſée eſt expoſée au froid, la lame de cuivre ſe raccourcit plus que celle d'acier, enſorte que le bout *libre e*, s'écarte du point *g*; ſi au contraire la Montre eſt expoſée à la chaleur, la lame de cuivre ſe dilate plus que celle d'acier, & le bout *libre e* de cette lame, ſe rapproche du point *g*; & c'eſt ce mouvement de la lame compoſée qui produit la correction des effets du chaud & du froid, ſur la Montre, ainſi qu'il eſt aiſé de le concevoir.

654. Le rateau ou pince-ſpiral *a*, *b*, porte en *b* deux chevilles, entre leſquelles paſſe le ſpiral *s*, *s*; l'axe de ce même rateau eſt mobile ſur deux pivots, l'un qui roule dans la platine des piliers, & l'autre dans un trou du pont *F*, *a*; ce même axe porte fixement le levier *a*, *g* : c'eſt ſur ce levier qu'agit le bout de la vis *f*, portée par l'extrémité mobile de la lame compoſée *d*, *e*. Lors donc que le froid reſſerre la lame de cuivre, & plus que celle d'acier, le bout *e* s'écarte du point *g*; enſorte que le lévier *a*, *g*, qui appuie continuellement contre le bout de la vis, au moyen de l'action du reſſort *G*, *a* ſuit ce mouvement de la lame compoſée, & en même-temps, le rateau *b* s'approche du *piton h*, qui fixe le bout du ſpiral *s*. Ce mouvement du rateau a donc rendu les vibrations du balancier plus lentes, puiſque cet effet a rendu le ſpiral plus long : le contraire eut été produit par la chaleur.

655. D'après ce que je viens de dire, on conçoit

que, pour arriver exactement à la compenſation des effets du chaud & du froid, cela dépend du point où la vis *f* de la lame, agit ſur le levier *g*, *a* : plus cette vis agira près du centre *a* du levier, plus le chemin parcouru par le rateau *b* ſera grand, plus les oſcillations ſeront ralenties par le froid; & au contraire, plus cette vis agira loin du centre du levier, moins le rateau *b* parcourra de chemin. Pour arriver à la compenſation, il n'eſt donc queſtion que de changer le point *d*, par lequel la lame eſt rendue fixe ſur le pont *E*, & c'eſt à quoi ſert la mâchoire *i*, *k*, qui permet d'allonger ou de racourcir la lame, & par conſéquent de changer le point de contact de la vis *f*, ſur le levier *g*, *a* : cette mâchoire eſt formée par deux vis *i*, qui preſſent la plaque *l* contre le montant *k* du pont *E*, *k*. La lame paſſe juſte entre ces deux vis de preſſion, ce qui rend fixe la partie *d* de la lame compoſée ; le pont *E*, *k* eſt attaché à la platine par une vis & deux pieds.

656. Maintenant, pour régler la Montre au plus près, on ſe ſert de la vis *f* : on voit qu'en la tournant en avant, on fait avancer la Montre, & retarder, ſi on la recule.

De la compenſation du chaud & du froid, par le balancier même.

657. Parmi les divers moyens que j'ai propoſés dans le *Traité des Horloges marines*, pour obtenir la correction du chaud & du froid, on trouve nos 259, 260 & 261, celui de placer à la circonférence du balancier, des maſſes qui ſe rapprocheroient du centre par le chaud, & qui s'en écarteroient par le froid, & c'eſt le premier moyen que j'ai mis en uſage : mais je craignis alors que le méchaniſme qui produiſoit cet effet, ne vînt à troubler l'équilibre du balancier, s'il ne donnoit pas rigoureuſement la même extenſion aux maſſes par diverſes températures. (*Traité*

des Horloges, n° 259) ; mais depuis, ayant de nouveau examiné cet objet, je vois 1°, que dans une Montre, dont le balancier est horisontal, cette différence ne pourroit causer aucun écart sensible : 2°. Que si la Montre est verticale, & toujours maintenue dans cette position, les différences qui auroient lieu par le changement d'équilibre, feroient nécessairement partie de la compensation : mais que si on emploie ce moyen dans une Montre qui est tantôt horisontale, & tantôt verticale ; alors il en résulteroit nécessairement des variations que l'on ne pourroit corriger que par un travail long, & par des tâtonnemens que l'on doit éviter. Quoi qu'il en soit, je vais d'abord calculer quel doit être le changement de diamètre d'un balancier donné, ou le déplacement des masses, pour opérer la compensation du chaud & du froid, & je donnerai ici les moyens de produire ce mouvement dans le balancier.

658. Soit le balancier de ma Montre à Longitude portative réduite d'après n° 3, décrite Chap. XII. Ce balancier a 13 lig. de diamètre, & fait 6 vibrations par seconde. Je suppose que, sans correctif, cette Montre avance de 4 minutes en 24 heures, par le froid de *zéro*, & qu'elle est réglée à 27 degrés.

Trouver la quantité requise pour la compensation absolue.

659. Le balancier de ma Montre fait 21600 vibrations par heure, & la Montre avance de 10 secondes par heure, par le froid, *zéro* = 60 vibrations. On a la proportion, *Traité des Horloges*, n°s 249 & 192.

21660 : 21600 : : 1300 : x = 1296 ; c'est-à-dire, que pour obtenir la compensation, le balancier devroit être plus grand par le froid *zéro*, que par 27 degrés, d'environ $\frac{4}{100}$ de lig.

660. Le calcul que je viens de faire, fait connoître la possibilité d'obtenir la compensation du chaud & du froid, par le balancier même, par un des moyens annoncés, *Traité des Horloges*, & particulièrement en plaçant des lames com-

posées d'acier & de cuivre, à la circonférence du balancier; ces lames portant des masses, se rapprocheroient du centre par le chaud, & s'en écarteroient par le froid, (*Traité des Horloges Marines*, n° 261). Cette méthode présente un avantage essentiel, celui de ne pas changer la longueur du spiral, & par conséquent, de conserver son isochronisme : mais comme je l'ai dit, il est à craindre que cela ne trouble l'équilibre du balancier. Une autre difficulté qui me fit abandonner cette méthode, dès le premier temps de mon travail sur les Horloges Marines, c'est que, pour arriver à la compensation par le balancier même, on ne peut pas employer de moyen pour augmenter ou diminuer, & modifier la compensation à laquelle on ne peut arriver que par un tâtonnement fort long. Car il est certain qu'en supposant que l'on ait obtenu dans une Montre, les dimensions des lames de compensation, & le poids de leurs masses, qui sont propres à la correction des effets du chaud & du froid, ces dimensions ne conviendront plus à une autre Montre, quoiqu'elle soit de la même construction, & que d'ailleurs les dimensions en soient les mêmes; parce qu'il y aura toujours quelques différences dans les frottements; soit par la nature de l'acier des pivots & des trous supposés en rubis, différences qui changeront nécessairement la compensation à laquelle on ne parviendra qu'en changeant le rapport des masses, ce qui expose à de nouveaux tâtonnements assez longs : & ces obstacles n'ont pas lieu en faisant usage du moyen que j'ai adopté. Au reste, j'ai cru devoir présenter ici de nouveau ce moyen, qui pourra être employé par des Artistes patients : & c'est en faveur de ces derniers, que je donne ici une figure qui représente la disposition que l'on peut donner au balancier, pour produire lui-même la correction des effets du chaud & du froid.

Description d'un balancier, portant sa compensation pour la correction des effets du chaud & du froid.

PLANCHE III, fig. 9.

661. J'avois proposé, *Traité des Horloges Marines*, n° 261 : un moyen de compensation, en plaçant à la circonférence du balancier, deux masses portées par des lames composées; mais d'après le calcul que j'ai présenté ci-devant, j'ai vu que deux lames ne sont pas suffisantes pour obtenir la compensation, parce que les deux masses qu'elles portent, ne forment pas la totalité de la pesanteur du balancier : ainsi il vaut mieux employer quatre masses & quatre lames.

662. La figure 9, Planche III, représente le balancier à compensation : *a* est l'axe du balancier : *b*, *c*, *d*, *e* sont les 4 masses qui forment le régulateur ou balancier.

663. L'axe *a* de balancier, porte une assiette sur laquelle est attachée par les vis 1, 2, les barettes ou croisées du balancier. *f*, *g*; *f*, *g*, sont ces croisées; à chaque bout *f* des 4 croisées, est fixé par une vis & deux pieds, les petits ponts ou talon *f*; sur chacun de ces ponts, est fixé en *h* la lame de compensation *h*, *i*.

664. Les lames composées *h*, *i*; *h*, *i*, &c. sont formées chacune par deux lames : l'une, de cuivre, est en dehors, c'est-à-dire, du côté même des lettres *h*, *i*, & l'autre, d'acier, est en dedans : ces lames sont rivées l'une sur l'autre, par plusieurs rivets placés près les uns des autres (n° 652); ainsi lorsque le balancier est exposé au froid, le bout mobile *i*, se rapproche du centre *a* du balancier, & il s'en écarte par le chaud.

665. Sur chaque bout mobile *i*, des lames de compensation, est fixé une broche d'acier *i*, *k* : c'est sur le bout de ces broches, que sont attachées les masses *b*, *c*, *d*, *e* du balancier.

666. Chacune des maſſes porte un canon fendu *l*, dont le trou eſt taraudé pour entrer à vis ſur les branches *i*, *k*; *i*, *k*, &c. Cette diſpoſition des maſſes, eſt la même que j'ai employée dans l'Horloge, nº 8. (Voy. *Traité des Horloges Marines*, nºs 934 & 937). Elle eſt également néceſſaire pour régler la Montre dans ſes diverſes poſitions : & pour régler la Montre, ſans augmenter ni diminuer les maſſes, mais ſeulement en les rapprochant, ou en les écartant du centre *a*.

667. Ce que je viens de dire eſt ſuffiſant pour donner une idée de cette eſpèce de compenſation produite par le balancier même. Car on conçoit que dans le même-temps, où les oſcillations du balancier ſont rendues plus lentes par l'action de la chaleur ſur le ſpiral & ſur le balancier, la même chaleur agiſſant ſur les lames de compenſation, elles ſe courbent en ſe rapprochant du centre, & par conſéquent auſſi les maſſes qu'elles portent, enſorte que le balancier devient plus petit; effet qui peut produire la compenſation, en ſuppoſant le rapport convenable dans la longueur & l'épaiſſeur des lames, dans le poids des maſſes, &c. avec la quantité d'accélération, ou de ralentiſſement dans les oſcillations du balancier produits par l'action du froid & de la chaleur ſur le ſpiral, & ſur le changement de diamètre du balancier.

CHAPITRE IV.

Notions sur les principes de construction de ma première Montre Astronomique, ayant un méchanisme de compensation pour la correction des effets du chaud & du froid.

668. La plus grande cause des écarts des Montres, vient du chaud & du froid, & rien n'est plus difficile à corriger; car les frottements des pivots de balancier, & la résistance des huiles étant le seul moyen de compensation que l'on puisse obtenir par une voie simple, il est infiniment difficile d'obtenir des frottements qui égalent juste la quantité d'action du chaud & du froid, qui change l'élasticité du ressort spiral : les obstacles augmentent sur-tout à mesure que l'on fait de grands balanciers; & l'on ne parvient à la compensation, par les résistances de frottement & des huiles, qu'en diminuant la quantité de mouvement du régulateur, & augmentant la grosseur des pivots de balancier; & ce qui est le plus capable de rebuter l'Artiste le plus opiniâtre, c'est que souvent il arrive qu'en voulant augmenter le frottement des pivots de balancier & leur résistance, on le diminue : par exemple, si on a une Montre qui, ayant un balancier pesant, retarde par la chaleur, on a la certitude que le frottement des pivots n'est pas assez grand; on croira corriger ce défaut, en employant de plus gros pivots, & cependant le contraire arrive souvent, lors sur-tout que la surface des pivots n'est pas proportionnelle à la masse & à la vîtesse du balancier; & dans ce cas, avec des pivots d'un plus grand diamètre, le poids du balancier pénètre moins les pores,

ayant plus de ſurface. Il n'eſt donc pas facile de fixer les limites où on doit s'arrêter pour augmenter ou diminuer le frottement qui change encore par la nature de la matière employée, tant pour les pivots que pour les trous.

669. Les mêmes difficultés ſubſiſtent, quand on veut changer l'étendue des vibrations, le poids du balancier, &c. Ainſi, quoique le principe fondamental établi ſoit vrai, on trouve ſouvent des réſultats différents qui ſont cauſés par la variété dans les matières employées pour les pivots & les trous; car avec telle eſpèce d'acier & de cuivre, les pivots étant des mêmes dimenſions, le frottement ſera plus grand, & avec d'autres plus petit: d'où l'on voit combien il eſt difficile d'arriver à cette compenſation naturelle dans les Montres; compenſation qui d'ailleurs varie ſelon l'état des huiles & des frottements. Pour donc éviter toutes ces difficultés des Montres, il faut employer pour la correction du chaud & du froid, les mêmes moyens que j'ai adaptés à mes Horloges Marines, & à ma Montre Marine, un méchaniſme de correction.

670. Telles ſont les obſervations que je faiſois le 17 Mars 1763, en compoſant ma première Montre Aſtronomique, laquelle fut exécutée au commencement de 1764: les deſſins & la deſcription de cette Montre furent dépoſés à l'Académie en Août 1764. Voy. *Traité des Horloges Marines*, appendice, pag. 533. Je vendis cette Montre à Londres, en 1766, à M. Pinchebec, qui l'acquit pour le Roi d'Angleterre. Ce qui ſuit a été écrit dans le même tems, & je donne ces obſervations, ſans y faire de changement.

Principes de conſtruction que j'ai ſuivis dans la Montre Aſtronomique, exécutée en 1764.

671. La théorie que j'ai établie pour ſervir de baſe à la conſtruction des Horloges Marines, & les expériences que

que l'exécution de ces machines m'ont procuré, ne ſont pas ſeulement utiles pour ces Horloges, mais doivent être également appliquées aux Montres de poche, ainſi que j'en formai le projet dès le 17 Mars 1763. Car, même avant ce tems, je penſois à procurer aux Montres la perfection dont elles ſont ſuſceptibles : mon but en m'occupant de cet e partie, n'a pas été ſimplement de faire de bonnes Montres pour l'uſage ordinaire, mais plutôt de les rendre propres aux obſervations aſtronomiques, & ſur-tout, pour ſervir aux navigateurs.

672. On croit communément que les agitations auxquelles les Montres portatives ſont expoſées, ſont cauſe des écarts de ces machines, & que par cette raiſon, les Montres de femme ſont plus ſujettes à varier que d'autres, de même que celles qui ſont portées étant à cheval ; mais il eſt démontré par l'expérience, que les Montres paſſablement bien conſtruites, ſouffrent très-peu de ces agitations du porté : c'eſt-là une propriété eſſentielle du balancier, lors ſur-tout qu'il n'eſt pas trop peſant, que les vibrations ſont promptes, & que l'échappement permet des oſcillations beaucoup plus étendues, que ne ſont celles de levée, & le balancier réglé par le ſpiral, fait naturellement des oſcillations qui ſeroient toujours iſochrones.

673. 1°. Sans les changemens de frottement des pivots, & ſans les réſiſtances variables des huiles.

674. 2°. Si la force motrice étant conſtante, communiquoit toujours la même action au régulateur, en faiſant décrire des arcs de même étendue.

675. 3°. Si l'échappement étoit tel que ſes frottements, étant infiniment réduits, reſtaſſent conſtants, en ſorte que la réſiſtance que le balancier éprouve par l'action de l'échappement, fût toujours la même.

676. 4°. Si le chaud & le froid ne changeoit pas l'élaſticité du reſſort ſpiral, & les dimenſions du balancier.

677. 5°. Enfin ſi le balancier éprouvoit dans ſon mouvement

toujours la même résistance de la part de l'air dans lequel il se meut.

Voilà les principales causes qui changent l'isochronisme des vibrations du balancier.

678. Je ne rappelle pas ici tous les principes qui ont servi de base à la construction de cette machine ; ce sont les mêmes que j'ai établis dans l'*Essai sur l'Horlogerie*, depuis le n° 1822, jusqu'à 2090, 2270 &c. dont le précis est qu'il faut réduire les frottements de la Montre le plus qu'il est possible, & donner en même-tems la plus grande puissance au régulateur, & corriger par un méchanisme de compensation les variations de la température, qui sont dès lors très-considérables. *Essai* 1894.

679. J'ai employé dans cette Montre, l'échappement à roue de rencontre, afin d'éviter les frottements qu'entraîne celui à cylindre ; mais en obtenant cet avantage, j'en perdis un autre aussi essentiel, c'est qu'avec l'échappement à roue de rencontre une telle Montre est susceptible des inégalités de la force motrice, des huiles, &c.

Dimensions de la Montre astronomique à roue de rencontre.

680. La roue de fusée fait un tour en 4 heures $\frac{1}{2}$.

Le balancier a 12 lig. de diamètre.

Il pese 15 grains.

Il fait quatre vibrations par seconde = 14400 par heure.

La levée de l'échappement est de 40 d.

Le ressort tire 7 gros $\frac{1}{4}$.

L'arc de vibration 180 d.

Le balancier sans spiral tire 16 minutes par heure.

Le chassis de compensation est composé de 12 tringles, 6 d'acier, & 6 de cuivre ; sa longueur du dehors au dehors, est de 16 lignes ; sa largeur 5 lig. $\frac{9}{12}$; grosseur des tringles $\frac{4}{12}$.

Les deux tringles de cuivre du milieu, sont saillantes en

dehors du chaſſis, & aſſemblées par une traverſe ſur laquelle appuie le talon du levier; la longueur du lévier de compenſation eſt de 8 lignes; il agit ſur le pince ſpiral à $\frac{9}{12}$ du centre.

L'intervale entre les ponts du pince-ſpiral eſt de 1 lig. $\frac{4}{12}$.

Le balancier à fleur de la platine, le pont, ou coq, eſt diſtant de la quantité requiſe pour le jeu du balancier.

Le ſpiral paſſe au-deſſus du pont, entre le pont & le coqueret, qui porte le pivot de balancier.

Je ne m'arrête pas plus long-tems ſur cette Montre, que je ne conſidère que comme un premier Eſſai très-imparfait, & dont je n'ai parlé ici que parce qu'elle eſt la première Montre de poche à compenſation qui ait été faite. Je donnerai ci-après, la conſtruction qui me paroît la plus propre à faire, d'une façon ſûre & ſimple, une bonne Montre de poche. *Voy.* Chapitre VI.

CHAPITRE V.

Notion de la deuxième Montre aſtronomique, ayant un méchaniſme de compenſation du chaud & du froid (a).

681. CETTE Montre eſt à ſecondes, les heures, les minutes & les ſecondes ſont concentriques au cadran, & diſpoſées comme celles de la Montre à ſecondes repréſentée, *Eſſai ſur l'Horlogerie*, *Planche* XXVII. Toutes les roues du rouage ont des ponts placés ſous le cadran, afin de donner plus de longueur aux tigerons, & d'égaliſer la preſſion de

(a) Cette Montre fut commencée en 1766, deſtinée pour M. le Chevalier de Fleurieu, qui s'en eſt ſervi dans le voyage qu'il fit en 1768 & 1769, pour l'épreuve des *Horloges Marines*, n° 6 & n° 8.

chaque pivot, les roues ſe trouvant à égales diſtances de leurs pivots.

682. Le balancier fait quatre vibrations par ſeconde; ſes pivots tournent dans des trous de rubis, & les pointes ſur des diamants; le balancier eſt placé à égale diſtance de ſes pivots.

683. L'échappement de cette Montre eſt celui à cylindre.

684. Le reſſort moteur eſt diſpoſé de ſorte qu'il reſte trois tours de vuide, lorſque la Montre eſt remontée, enſorte qu'il n'eſt jamais dans un état forcé, & qu'il ne peut ſe rendre ni caſſer; & la fuſée eſt très-petite.

685. Cette Montre ne ceſſe pas de marcher pendant qu'on la remonte; ſa fuſée contient un reſſort, & le rochet auxiliaire, pareil à celui des Horloges à Longitude.

686. La force motrice n'eſt que de la quantité requiſe pour entretenir le mouvement du balancier, lequel arrête au doigt.

687. La compenſation du chaud & du foid eſt produite par une lame compoſée d'acier & de cuivre, comme dans mes petites Horloges à Longitude.

688. Le balancier eſt placé à fleur de la petite platine; le ſpiral paſſe au-deſſus du coq du balancier.

689. Le piton de ſpiral eſt fait comme ceux de mes Horloges Marines, & il s'attache ſur le coq, avec une vis.

690. Le pince-ſpiral, qui eſt très-petit & fort léger, porte deux bras, l'un qui ſert de rateau pour le ſpiral; l'autre bras plus long eſt terminé en pointe: c'eſt ſur ce bras qu'agit le bout d'une vis portée par l'extrémité de la lame compoſée; cette vis eſt portée par une boîte ajuſtée ſur la lame compoſée; un foible reſſort preſſe continuellement le bras du pince-ſpiral, contre la lame; le bout de ce bras ſert d'index, pour indiquer le chemin que la lame fait faire au pince-ſpiral, lorſquelle éprouve diverſes températures: le coq porte pour cet effet des diviſions qui indiquent le chemin du pince-ſpiral, pour produire la compenſation: ces mêmes diviſions ſervent à régler la Montre, ſoit

en fe fervant de la vis portée par la boîte, ou coulant de la lame de compenfation, ou par le pont même fur lequel l'autre bout de la lame eft fixé, ce pont pouvant au befoin tourner fur lui-même, comme on le voit Planche III, fig. 7.

691. La boîte portée par le bout libre de la lame compofée, fert à trouver le point propre à la compenfation; pour cet effet, on l'approche, ou on l'écarte du centre du pince-fpiral.

692. Pour ne pas donner trop d'élévation à la Montre, au lieu de rendre, comme dans mes Horloges, le pince-fpiral concentrique au balancier, j'ai au contraire placé l'axe du pince-fpiral, à côté de l'axe de balancier; mais avec la direction convenable, pour que la portion de cercle que le pince-fpiral décrit, fuive la courbure du fpiral, fans pouvoir gêner le fpiral.

Dimenfions de quelques parties de cette Montre.

693. La platine des piliers a 21 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, la hauteur des piliers 3 lig. $\frac{1}{3}$.

Le balancier a 12 lig. de diamètre, il pèfe 16 grains.

Les pivots ont 0 lig $\frac{3}{48}$.

Le reffort tire 5 gros $\frac{1}{2}$.

La lame compofée a 14 lig. de longueur en action.

Sa largeur 1 lig. $\frac{2}{12}$.

Son épaiffeur eft de $\frac{2}{48}$ lig. acier & cuivre compris.

REMARQUE.

694. Quoique cette Montre n'ait pas été exécutée avec toute la perfection défirable, cependant, depuis que j'ai achevé de la rectifier, elle a marché avec beaucoup d'exactitude; mais il manqueroit encore à cette machine un meilleur échap-

pement que celui à cylindre, & un ſpiral plus parfait; c'eſt pour réunir toutes les propriétés deſirables dans une Montre, que j'ai compoſé la Montre aſtronomique dont la deſcription ſera donnée dans le Chapitre ſuivant, auquel je renvoie.

CHAPITRE VI.

Troiſième Montre Aſtronomique.

695. Le plan de cette Montre eſt fait d'après ceux de mes petites Horloges à Longitude, n° XXVII, &c. dont il ne diffère que par le balancier qui n'a pas de rouleaux, les pivots tournant dans des trous à l'ordinaire: cette Montre eſt à trois cadrans; le balancier fait 4 vibrations par ſeconde, l'échappement libre, aiguille 2 battemens par ſeconde, la compenſation du chaud & du froid par la lame compoſée, le ſpiral iſochrone, &c.

696. Dans une telle Montre, il faut égaliſer, autant qu'il eſt poſſible, le frottement des deux pivots de balancier; pour cet effet, il faut que le balancier ſoit à égale diſtance de ſes pivots, c'eſt-à-dire, au milieu de la longueur de l'axe: le balancier doit, en conſéquence, être à fleur de la petite platine, & le coq doit porter un pont aſſez élevé pour donner un long *tigeron*; cette élévation ſert, en même-tems, pour placer la lame compoſée au-deſſus du balancier.

697. La lame compoſée doit être placée dans la verticale de l'axe de balancier, afin que la Montre étant horiſontale ou verticale, la peſanteur de la lame ne tende pas à la faire courber, ce qui feroit varier la Montre de la poſition verticale à l'horiſontale.

698. Pour ne pas donner trop de hauteur à la Montre,

& avoir cependant un reſſort moteur aſſez puiſſant, & qui ne ſoit pas dans un état forcé, lorſqu'il eſt monté au haut; on peut percer la ſeconde platine pour le paſſage du barillet : on peut en faire autant pour la fuſée : leurs pivots ſeront portés par un pont; le même pont portera le pivot de la roue des heures.

Deſcription de la Montre Aſtronomique à trois cadrans.

PLANCHE III, fig. *6* & 7.

699. La fig. *6*, repréſente le dehors de la platine-cadran; ſur cette platine, ſont rivés les piliers 1, 2, 3, 4, ce qui forme avec une ſeconde platine, la cage du rouage : *B* eſt le barillet ; *C* le rochet d'encliquetage du grand reſſort : cet encliquetage eſt placé au dehors de la platine-cadran, ainſi que le cadran *O* des heures, celui *M* de minute, & celui *S* de ſeconde : *G* eſt la roue des heures ; *a* le pignon porté par le centre de la roue de fuſée *F*; ce pignon *a* mène la roue des heures; *e* eſt le pignon de minute; *H* la roue de minute; *I* la roue moyenne, & *g* ſon pignon; *K* la roue de ſeconde, *h* ſon pignon; *L* la roue d'échappement, & *l* ſon pignon; *Q*, *l*, fig. *6* eſt le pont de cette roue; ce pont eſt attaché au dedans de la petite platine; *m* eſt le cercle d'échappement; *q*, *n*, la détente; *s* ſon pont; *m*, *p*, *q*, le *reſſort-levée* d'échappement porté par le cercle *m*; *P*, *q*, le pont du pivot ſupérieur du balancier; *r* le reſſort de la détente, *q*, *n* d'échappement.

700. La Planche III, fig. 7, repréſente le dehors de la ſeconde platine du rouage; elle porte le balancier & le méchaniſme pour la correction du chaud & du froid.

701. *BB* eſt la platine; *M* le balancier; *D*, *E* le pont qui porte en même-tems le balancier & le pince-ſpiral; la patte *D* eſt attachée ſur la platine : *E* eſt le pont du

pince-spiral, & *e* le coqueret qui porte le pivot du balancier.

702. Le double pont *D*, *E* est vu de profil, Planche II, fig. 9 : *D*, *e* est le premier pont, lequel s'attache sur la platine ; le bout *e* reçoit le pivot, *e* de l'axe, *d*, *e* du pince-spiral : le pivot *f* de cet axe entre dans le trou fait en *f* au deuxième pont *E*, *d* ; le bras *b* du pince-spiral, *a*, *b* est celui sur lequel agit la vis portée par le bout libre de la lame composée : le bras *d* porte la boîte *a*, *c* fendue en *a* pour le passage du spiral ; c'est le mouvement de cette partie *a* qui se fait autour du spiral qui forme la compensation, en rendant le spiral plus long ou plus court : le coqueret *f* reçoit le pivot de balancier ; l'axe du balancier passe dans le trou de l'axe *d*, *e* du pince-spiral, cet axe étant formé par un canon ; au-dessus du coqueret *f* qui est de cuivre, doit être placé un rubis, ou un diamant, pour recevoir le bout du pivot de balancier. On doit placer de même un rubis, pour recevoir l'autre pivot du balancier.

703. *a* Planche III, fig. 7, est le pince-spiral, & *b* le levier ou palette sur lequel agit la vis *c* de la lame composée ; *H*, *b* est cette lame ; & *G*, *H* le pont à mâchoire sur lequel le bout *G* est fixé par deux vis ; *f*, *e* est le ressort du pince-spiral.

704. Le spiral doit être placé en dehors & près du balancier : le pont *E* passe au-dessus du spiral ; ainsi le piton *g* doit descendre au-dessous du pont ; pour cet effet ce piton doit porter un talon pour aller gagner la hauteur du spiral ; ce piton peut être disposé comme ceux des petites Horloges à Longitude, & fixé par une vis, & tel est celui de ma deuxième Montre astronomique.

Nombres des roues & des pignons de la Montre Astronomique.

705. La roue de fusée 80 dents, elle engrène dans le pignon de minute de 20.

Le

Le pignon de renvoi porté par la roue de fusée, 16 dents.

La roue des heures conduite par ce pignon, 48 dents.

Roue de minutes 96 engrène dans le pignon 12 de la roue moyenne.

Roue moyenne 90 engrène dans le pignon 12 de secondes.

Roue de secondes 96 engrène dans le pignon 8 de la roue d'échappement.

Roue d'échappement 10 dents = 240 vibrations par minute, ou 14400 par heure.

CHAPITRE VII.

Horloge Astronomique, d'une construction fort simple.

706. L'EXACTE Mesure du Tems, par une Horloge astronomique, est particulièrement fondée sur deux articles; 1°. celui de conserver constamment la même étendue dans les arcs décrits par le pendule; 2°. que la compensation du chaud & du froid soit parfaite, & toujours la même : ces deux articles comprennent tout ce qu'on doit réunir, soit dans sa composition, soit dans l'exécution.

707. Pour obtenir constamment des arcs de même étendue, cela dépend particulièrement de la grande perfection de la suspension du Pendule, du peu de frottement de l'échappement, & de la réduction des frottements du rouage.

Par rapport à la compensation, il est facile de l'obtenir, au moyen d'un Pendule composé, tel que ceux que j'ai décrits dans l'*Essai sur l'Horlogerie.* Je n'ai rien à ajouter à cet article, je me bornerai à donner ici le plan d'une Horloge astronomique que j'ai construite & exécutée en 1766,

pour M. le Chevalier de Fleurieu ; cette machine conserve depuis ce tems, la même exactitude, & le Pendule décrit toujours la même étendue d'arcs.

708. Le rouage de cette Horloge, est composé de deux platines; & de quatre roues seulement, y compris celle d'échappement, les heures, les minutes & les secondes ont leurs cadrans particuliers de la même manière que je l'ai pratiqué dans mes grandes Horloges Marines à poids : les pignons sont de même fort nombrés, & faits à l'outils, & les roues arondies à l'outil, ce qui m'a procuré d'excellents engrenages. Elle marche 15 jours sans remonter, au moyen d'un très-petit poids ; cependant le Pendule décrit des arcs de 3 degrés.

709. Le Pendule est composé de 9 tringles, qui forment la compensation du chaud & du froid. Il est suspendu par deux lames de ressort ; disposées de manière à ne pouvoir être cassées dans le transport de l'Horloge, &c.

Description de l'Horloge Astronomique à trois cadrans.

PLANCHE VII.

710. La figure 1 représente le plan du rouage de l'Horloge, tracé sur le dehors de la platine des piliers ; cette platine *A A*, sert en même-tems de fausse plaque ou de platine-cadran.

711. La première roue *B* fait un tour en 12 heures ; la tige sur laquelle elle est rivée, porte à frottement le cadran des heures *C* ; les heures paroissent à travers l'ouverture *a*, *b*, faite à la platine cadran *A A*, & elles sont marquées par l'index *c* ; cette roue porte la poulie ponctuée *D*, dont le fond porte des points pour retenir la corde du poids, lequel doit être mouflé : toute cette partie n'est pas représentée ici, étant connue.

712. La poulie de remontoir du poids est attachée au

bas du tambour dans lequel le mouvement eſt placé : ſur cette poulie paſſe une corde *ſans fin*, qui eſt de ſoie.

713. La roue des heures *B* engrene dans le pignon *d* de minutes, dont le pivot prolongé porte l'aiguille de minutes ; E eſt le cadran de minutes : le pignon *d* porte la roue *F* de minutes ; elle engrene dans le pignon *e*, qui porte la roue moyenne *G* ; celle-ci engrene dans le pignon de ſecondes *f*, placé au centre de la cage, le pivot prolongé de ce pignon porte l'aiguille des ſecondes, dont *HH* eſt le cadran gradué ſur la platine-cadran *A A*.

714. Le pignon *f* porte la roue *I*, qui eſt celle d'échappement ; cette roue eſt placée en dehors de la ſeconde platine, & le pivot de ce côté roule dans le pont *K*, *f*, attaché au-dehors de la ſeconde platine.

715. L'ancre d'échappement *g*, *h*, *i*, eſt placé en dehors de la ſeconde platine, à la hauteur de la roue d'échappement *I*, & ſon pivot de ce côté, eſt porté par un pont. L'autre pivot roule dans le trou de la platine-cadran *A A*, vers *i*, la tige paſſant en dehors de la roue de minute.

716. Je n'ai pas marqué ici les dents de la roue d'échappement *I*, ni décrit cet échappement qui eſt à repos : j'en ai ſuffiſamment traité dans l'*Eſſai ſur l'Horlogerie*, où cet échappement eſt repréſenté en grand, Planche XV, fig. 10, & décrit n° 395.

Nombres du rouage.

717. Roue des heures *B*, 240 dents.
Roue de minutes *F*, 160 dents, pignon 20.
Roue moyenne *G*, 150 dents, ſon pignon 20.
Roue d'échappement *I*, 30 dents, ſon pignon 20.

718. La figure 2 repréſente le Pendule composé à baguettes, avec ſa ſuſpenſion & ſa lentille, tout monté prêt à marcher : ce Pendule eſt composé de neuf tringles rondes, cinq d'acier tiré, & quatre de cuivre, auſſi tiré à la filière : les bouts des tringles ſont ajuſtés très-juſtes dans les trous des traverſes

de cuivre, & fixés par des chevilles mises à travers des *traverses* & des tringles; sur la traverse supérieure *A*, à laquelle la suspension est attachée, entrent les bouts *a*, *a*, des tringles d'acier *a*, *b*; *a*, *b*, & y sont attachés par des chevilles : les bouts inférieurs *b*, *b*, des tringles *a*, *b*; *a*, *b*, entrent de la même manière dans la traverse *B*, & y sont fixés par des goupilles ; sur la même traverse *B*, entrent les bouts *c*, *c* des tringles de cuivre *c*, *d*; *c*, *d*, & y sont fixés par des chevilles : les bouts supérieurs *d*, *d* de ces tringles de cuivre entrent dans la traverse *C*, & s'y fixent par des chevilles : dans cette traverse *C*, entrent les bouts supérieurs *e*, *e* des tringles d'acier *e*, *f*; *e*, *f*, & s'y fixent par des goupilles : les bouts inférieurs *f*, *f* des tringles d'acier *e*, *f*; *e* *f*. entrent dans les trous de la traverse *D*, & y sont fixés par des goupilles; sur cette traverse *D*, entrent les bouts inférieurs *g*, *g*, des tringles de cuivre *g*, *h*; *g*, *h*, & y sont fixés par des chevilles : les bouts supérieurs *h*, *h* de ces tringles de cuivre entrent dans les trous de la traverse *E*, & s'y fixent par deux chevilles; enfin sur cette même traverse *E*, entre le bout supérieur *i* de la tringle d'acier *i*, *l*, qui forme le milieu du Pendule, & s'y fixe par une cheville : le bout inférieur *l*, entre dans la pièce *F*, qui traverse la lentille *H*, & la supporte au moyen de l'écrou *G*, qui sert à régler l'Horloge; la pièce *p* est une vis de pression qui empêche l'écrou de tourner : sur la pièce *F*, entre une boîte ou coulant *I*, qui sert à régler l'Horloge au plus près. Pour cet effet, on la fait monter ou descendre selon la longueur *l*, *o*, qui est graduée, afin de connoître le chemin que l'on fait faire à la boîte.

719. Le bout inférieur *l*, de la tringle d'acier *i*, *l*, entre dans un trou fait à la pièce *F*, qui porte la lentille, & elle y est fixée par deux broches à tête gaudronnée, lesquelles on peut retirer à volonté, pour séparer la lentille du Pendule, lorsqu'on veut transporter l'Horloge.

720. La fig. 3, représente la suspension du Pendule vue de côté; elle est formée par deux lames de ressort *aa*, *bb*;

a a, *b b*; chaque bout des deux lames eſt fixé ſur une pièce, comme *K* & *L*, fig. 4, traverſée par un axe *p*, *p*, *q*, *q*, mobile par des pivots ſur les entailles des traverſes de ſuſpenſion *M*, *M*, *N*, *N*, fig. 3 & 4.

721. La traverſe ſupérieure *A* du Pendule vue de profil, fig. 3, porte deux crochets *O*, qui aſſemblent le Pendule avec la ſuſpenſion; de ſorte qu'on peut ſéparer le pendule de la ſuſpenſion, quand on veut tranſporter l'Horloge : la vis *P* ſert à fixer le Pendule avec ſa ſuſpenſion.

722. La fourchette *Q*, *Q*, *R*, *R*, portée par la traverſe *M*, *M*, de ſuſpenſion, fig. 4, ſert à garantir les reſſorts de tout accident, en limitant l'extenſion des lames. Ces mêmes fourchettes ſont vues de côté, fig. 3, en *Q*, *R*, *Q*, *R*.

723. Le ſupport de ſuſpenſion *G*, *G*, *N*, *N*, eſt formé d'une pièce de cuivre faite en croix; les parties *N*, *N*, portent les lames *a*, *a*, *b*, *b*, & les bouts *G*, *G* du ſupport, ſont percés à chaque bout d'un trou *H*, pour recevoir les pivots des vis *I*, *I*; ces vis ſont portées par les talons *F F*, fixés à une plaque de cuivre quarrée, ſur laquelle s'ajuſte le mouvement de l'Horloge; cette plaque s'applique contre le mur, & doit être ſoutenue par un clou à crochet aſſez ſolide pour ſupporter l'Horloge.

724. *A*, *C*, *E*, figure 4, ſont les trois traverſes ſupérieures du Pendule vu en entier, fig. 2, & *B*, *D*, les traverſes inférieures du même Pendule; les deux bouts du pendule ſont vus dans cette figure, dans leur vraie grandeur, tant les traverſes que les tringles dont 1, 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5, 6, 6; 7, 7 & 8, ſont les chevilles qui fixent les tringles *a*, *a*; *b*, *b*, &c. à ces traverſes; *O*, *O*, ſont les crochets portés par la traverſe *A*, pour aſſembler le Pendule avec ſa ſuſpenſion.

725. Le bout *l*, de la tringle d'acier du milieu, eſt la partie qui doit ſupporter la lentille, & entrer dans la pièce *F*, fig. 2; dans la figure 4, le bout *l* de la tringle, n'a pu être repréſenté dans ſa vraie longueur.

Cette ſuſpenſion m'a très-bien réuſſi; mais j'avoue qu'elle exige un travail aſſez conſidérable, & beaucoup de ſoins :

ſans doute, on préférera la ſuſpenſion à couteau, beaucoup plus ſimple que celle-ci.

Profil du rouage.

726. Piliers 15 lig. hauteur.

La grande roue des heures éloignée de 8 lig. $\frac{1}{2}$ de la platine-cadran.

La poulie eſt attachée au côté de la roue, qui eſt vers la platine-cadran.

La roue de minutes eſt placée du côté de la platine-cadran, à 2 lig. de diſtance.

La roue moyenne eſt placée du côté de la platine-cadran, à 6 lig. $\frac{1}{2}$ de diſtance.

La roue d'échappement eſt placée en dehors de la cage, à 2 lig. de diſtance de la ſeconde platine.

L'ancre d'échappement eſt placée en dehors de la cage, comme la roue d'échappement.

Le pont de la roue d'échappement a 6 lig. de hauteur.

Dimenſions du Pendule compoſé à baguettes.

727. La longueur du chaſſis en dehors des traverſes *A*, *B*, fig. 2, eſt de 30 pouces.

Les traverſes ont 6 lig. de largeur, & 5 lig. d'épaiſſeur.

La diſtance des verges d'acier extérieures eſt de 2 pouces 11 lig.

Diamètre des tringles, 3 lig.

La lentille pèſe 15 livres.

L'Horloge étant réglée, la diſtance du centre de la lentille, au point de ſuſpenſion eſt de 3 pieds 2 pouces $\frac{1}{2}$.

CHAPITRE VIII.

Horloge Astronomique, Pendule à demi-secondes, première construction.

728. LES grandes Horloges astronomiques, à Pendule composé, battant les secondes, sont d'excellentes machines; mais lorsqu'elles doivent servir pour un observateur qui voyage, elles deviennent embarrassantes, & elles sont exposées à divers accidents : j'ai donc cherché le moyen d'obtenir la même justesse, en employant un Pendule plus court, comme celui à demi-secondes. Je pense que l'Horloge que je propose ici, pourra suppléer celles dont le Pendule bat les secondes.

729. J'ai appliqué à cette Horloge mon échappement libre à détente; les vibrations du Pendule sont à demi-secondes, ainsi l'aiguille bat les secondes. Le rouage est disposé comme ceux de mes Horloges à Longitude sans cadrature; les heures, les minutes & les secondes sont excentriques; le mouvement composé de cinq roues, y compris celle d'échappement; les dents des roues & des pignons, sont faites à l'outil, de même que dans mes Horloges Marines.

PLANCHE IX.

730. Le régulateur de cette nouvelle Horloge, est formé par un Pendule composé à chassis, exactement de la même construction que celui que j'ai donné dans l'*Essai sur l'Horlogerie*, représenté Planche XXVII, fig. 1, & décrit n°s 1761 & 2008, dont il ne diffère que par les dimensions : dimensions qui sont cependant telles que la compensation du

chaud & du froid, se fait aussi complettement dans ce Pendule à demi-secondes, que dans le grand Pendule à secondes. J'en donnerai ci-après les dimensions ; la figure même de ce Pendule, est d'ailleurs faite sur les mesures précises qu'il doit avoir.

731. Le chassis d'acier *a*, *b*, *c*, *d*, Planche IX, fig. 1, est formé d'une seule pièce avec la fourchette *x*, *H*, dans laquelle est ajustée le couteau qui porte le Pendule : *e*, *f*; *g*, *i*, sont deux verges de cuivre, dont les parties *f*, *g*, posent sur la traverse inférieure *d*, *e*, du chassis d'acier ; les bouts supérieurs des mêmes verges, reçoivent les talons du second chassis d'acier *l*, *m*, *n*, *o* : *p*, *q* ; *r*, *s*, sont deux verges de cuivre dont les parties inférieures posent sur la traverse *n*, *o* du second chassis d'acier ; *t*, *u* est une verge d'acier, dont les talons posent sur le bout supérieur *p*, *r* des verges de cuivre, *p*, *q* ; *r*, *s* : le bout inférieur *u* de la verge d'acier du milieu passe à travers les mortoises des traverses *n*, *o* & *c*, *d* des deux chassis d'acier, & descend jusques en *y* ; cette partie est taraudée, & entre dans l'écrou *z*, qui porte la lentille *L*, au moyen de la fourchette d'acier *M*, qui embrasse la lentile, & dont la vis 1 la suspend par son centre : la fourchette *M*, est attachée par deux vis sous la fourchette de cuivre *N*, *N*, ajustée en coulant sur le bord extérieur du premier chassis d'acier ; la traverse de cuivre *O*, attachée aux bras *N*, *N* de la fourchette, maintient tout le bas du Pendule, dont les barres qui le composent peuvent monter & descendre librement : la traverse supérieure *P*, sert à contenir de même les bouts des branches à chassis supérieurs du Pendule.

732. Le bas de la lentille, *L*, porte en *Q* une pièce *Q*, *S*, sur laquelle est ajustée le coulant ou poids *R*, *R*, qui sert à régler l'Horloge au plus près; la branche *S*, *Q*, étant graduée : le coulant se fixe sur cette branche, au moyen de la vis *h*.

733. Le bout *S* de la pièce *Q*, *S*, sert d'index pour marquer

marquer l'étendue des arcs décrit par le Pendule, au moyen du limbe *T*, *T*, gradué en degrés du cercle.

734. Les figures 2 & 3, représentent la suspension du Pendule, *A*, *A*, fig. 2, sont deux ponts qui s'attachent sur la plaque de cuivre *V*, *V*, fig. 1, vers *a*, *b*; les pièces *A A*, portent deux vis à pivots, sur lesquelles roulent le support *B*, *B*, vu en plan, fig. 3; c'est ce support qui porte la gouttière *a*, *a*, sur laquelle pose l'angle *x* du couteau, fig. 1.

735. La plaque *V*, *V*, qui porte la suspension & le Pendule doit servir de même à porter le mouvement de l'Horloge, vu fig. 4 : cette plaque *V*, *V* est attachée sur la planche *X X*, *T T*, dont la partie inférieure porte le limbe *T*, *T*.

736. Cette Planche *X*, *X*, & la plaque *V*, *V* s'attachent contre un mur, au moyen d'un clou à crochet.

737. La fig. 4, représente le mouvement de l'Horloge; *A A* est la platine-cadran, sur laquelle est tracé le rouage: la première roue *B*, fait un tour en 12 heures, elle porte le cadran des heures mis à frottement sur son axe : les heures sont vues à travers l'ouverture faite à la platine-cadran: l'arbre ou tige de cette roue, porte aussi la poulie du poids. Cette roue a 240 dents, elle engrène dans le pignon de minute *a*; ce pignon a 20 dents, son pivot prolongé porte l'aiguille de minute; *C C* est une portion du cadran de minute; sur l'axe de ce pignon, est rivée la roue *C* de minute; cette roue a 160 dents, elle engrène dans le pignon *b* de la roue moyenne *D*, de 150 : celle-ci engrène dans le pignon *e* de secondes; le pivot prolongé de ce pignon, porte l'aiguille de secondes: *E E* est une portion du cadran de secondes : la roue de secondes *E*, a 120 dents, elle engrène dans le pignon *d* de la roue d'échappement *F*; ce pignon a 20 dents; la roue d'échappement a 10 dents. Elle est ici mise en cage, comme toutes les autres roues du rouage; *e*, *f*, *g*, *h*, est la détente d'échappement, dont l'axe *f* est aussi mis en cage; *e* est le bras qui suspend l'action de la roue pendant que le Pendule oscille librement; *g* le bras

droit ſur lequel agit la cheville du reſſort levée, *a*, *a*, *g*, porté par le cercle *G* d'échappement ; cette portion de cercle *G* eſt fixée en *H*, par deux chevilles à la fourchette, qui porte le couteau, comme on le voit en *H*, fig. 1 ; & fig. 4 ; le bras *h* ſert de poids pour ramener la détente ; ce poids tient lieu de reſſort.

738. Le mouvement de l'Horloge doit être porté par 4 piliers rivés ſur la platine *V V*, qui eſt la même dont on en voit une portion, fig. 1, en *V V*.

Remarque ſur la conſtruction de cette Horloge.

Par la diſpoſition que j'ai donnée à l'Horloge que je viens de décrire, la roue d'échappement agit immédiatement ſur le Pendule, ſans l'entremiſe d'une fourchette : & cela évite le frottement de cette fourchette & de ſes deux pivots : mais en revanche, cette machine devient d'une exécution plus difficile, elle occupe plus de place, & eſt moins commode pour être tranſportée. Je vais donner un autre moyen pour employer l'échappement libre plus facilement, & plus sûrement dans une Horloge à Pendule.

Seconde conſtruction à employer pour cette Horloge Aſtronomique, avec le Pendule, à demi-ſecondes, échappement libre.

739. La fig. 5, Planche IX, repréſente le dehors de la ſeconde platine du mouvement, vu fig. 4 : c'eſt ſur cette platine que l'échappemenr eſt placé : les cercles ponctués, *B*, *C*, *D*, *E* repréſentent les roues du rouage, fig. 4 ; la roue d'échappement *F*, fig. 5, eſt placée au dehors de la platine, & ſon pignon va engrener au dedans de la cage de la roue de ſecondes *E*. Le pont *I* reçoit le pivot de dehors de

la roue d'échappement : *H* eſt le centre de mouvement du cercle d'échappement *G* : l'angle du couteau du Pendule, doit être placé exactement à la même hauteur de ce point : *H*, *K* eſt le pont qui reçoit le pivot de dehors de l'axe du cercle *G*, *H*. L'autre pivot roule dans un trou de la platine-cadran : le cercle *G* porte en *L* une tige qui répond à l'ouverture qui doit être faite en *Y*, fig. 1, à la verge du milieu du Pendule ; cette broche ou fourchette *L*, fig. 5, doit ſe mouvoir par une vis de rappel, pour mettre l'Horloge d'échappement. Voy. la diſpoſition de cette Partie, *Eſſai ſur l'Horlogerie*, Planche III, fig. 7, 8 & 9.

740. *e*, *f*, *g h*, eſt la détente d'échappement miſe en cage au dehors de la ſeconde platine, fig. 5, au moyen du pont *M*; *f* eſt ſon centre de mouvement ; *e* le bras qui ſuſpend l'action de la roue d'échappement *F* : *g* le bras droit ſur lequel agit la cheville du reſſort levée *a a*; ce reſſort eſt porté par le cercle d'échappement *G* ; *f h* le bras du poids *h*, qui ramène la détente.

741. La conſtruction que je viens de donner à l'échappement libre, appliqué à une Horloge à Pendule, eſt la même que celle employée dans mes Horloges à Longitude, & l'exécution doit être faite de la même manière qu'elle eſt détaillée première Partie, Chapitre IV ; ce qui me diſpenſe d'en répéter les opérations.

742. Quoique cette Horloge commencée depuis fort long-temps, ne ſoit pas encore terminée, je ſuis certain, qu'étant bien exécutée, on obtiendra une juſteſſe égale à celle des grandes Horloges, dont le Pendule bat les ſecondes.

CHAPITRE IX.

Horloge aſtronomique allant 42 jours ſans être remontée; Pendule compoſé à chaſſis, à demi-ſecondes, échappement à vibration libres, aiguille battant les ſecondes.

De la diſpoſition qu'il faut donner à cette Horloge, pour la faire marcher 42 jours ſans la remonter.

743. L'HORLOGE que je viens de décrire dans le Chapitre VIII, ne peut marcher qu'environ 15 jours ſans être remontée, étant placée à la hauteur convenable, pour que le cadran ſoit bien en vue; mais en ajoutant une roue de plus au rouage, & un pignon, la même machine pourra marcher 42 jours ſans être remontée, & comme cela eſt beaucoup plus commode, je vais donner les dimenſions convenables.

744. Au lieu de la poulie placée ſur la roue des heures *B*, Planche IX, fig. 4, il faut que l'axe de cette roue porte un pignon de 20 dents du diamètre de 5 lig. $\frac{5\frac{1}{2}}{12}$, & la roue que l'on ajoutera, portera la poulie ou cylindre du poids: cette roue ayant 120 dents devra avoir 32 lignes $\frac{1}{2}$ de diamètre: elle fera un tour pendant que celle *B* des heures en fera 6: donc la roue de cylindre ou de poulie fera un tour en 3 jours, puiſque la roue des heures *B* fait un tour en 12 heures: & pour que l'Horloge marche 42 jours ſans être remontée, la roue de cylindre devra faire 14 tours.

745. Le centre du cadran de l'Horloge étant placé à la hauteur de 5 pieds 6 pouces, la plus convenable pour être bien en vue, la deſcente du poids ne peut être que

de 4 pieds : le reſtant eſt employé pour la longueur du poids, de ſa poulie, & de la poulie de remontoir qui doit être au bas de la cage.

746. Le poids étant mouflé ainſi que cela doit être, c'eſt comme ſi on doubloit la deſcente du poids, puiſque la longueur de la corde devient double; on a donc deux fois 4 pieds de corde, ou 96 pouces employés dans l'eſpace de 42 jours : ce qui produit 14 révolutions de la roue de cylindre. Ainſi, en diviſant la longueur de 96 pouces de la corde, par 14 révolutions de la première roue, on a 6 pouces $\frac{6}{7}$ = 6 pouces 10 lig. $\frac{2}{7}$ = 82 lig. $\frac{2}{7}$ pour la circonférence que doit avoir la poulie ou cylindre de la première roue du rouage.

747. Pour trouver le diamètre du cylindre, on fera la proportion ſuivante.

355 (*a*) : $113 :: 80\frac{2}{7} : x = 25\frac{197}{355}$ lig.; en faiſant le produit des termes extrêmes de la proportion, & diviſant par le terme moyen, on a le diamètre cherché.

$$\begin{array}{l} \quad 113 \\ \quad\;\; 80\frac{2}{7} \\ \hline \;9040 \\ \quad\; 32 \\ \;9072 \quad 355 \\ \hline \;1972 \;\; 25\frac{197}{355} \\ \;\;197 \end{array}$$

Le calcul fait, on trouve 25 lig. $\frac{197}{355}$, pour le diamètre cherché, qui eſt celui du cylindre, ou de la poulie pour la corde du poids.

748. Au lieu d'employer un cylindre canelé, placé ſur

(*a*) Les Géomètres ont fixé le rapport très-approchant du diamètre d'un cercle à ſa circonférence, par les nombres que nous employons ici; ſavoir comme 113 eſt à 355, ou comme 1 eſt à 3,1416.

la première roue, pour la corde du poids, il ſera peut-être plus ſimple de ſe ſervir d'une poulie & d'un contre-poids, parce qu'avec cette diſpoſition l'Horloge ne ceſſe pas de marcher pendant qu'on la remonte.

REMARQUE I.

Je terminerai cet article, en obſervant que la diſpoſition que je viens d'indiquer, peut être également employée à l'Horloge aſtronomique décrite dans le Chapitre précédent, & avec les mêmes dimenſions données ci-deſſus.

REMARQUE II.

749. Je dois obſerver ici que la poulie devroit être tenue un peu plus petite que ne le donne le calcul, parce que la groſſeur de la corde du poids augmente la grandeur de la poulie; car ſi cette corde a deux lignes de groſſeur, elle augmente le rayon de la poulie d'une ligne, & par conſéquent ſon diamètre de deux lignes. Mais dans l'élévation à laquelle nous avons placé le centre du cadran, la deſcente du poids doit avoir plus que les 4 pieds que nous avons ſuppoſés pour la deſcente du poids : ainſi la poulie peut avoir 25 lig. de diamètre.

750. Mais ſi on étoit borné à une meſure préciſe pour la deſcente du poids, & que l'on voulût l'employer rigoureuſement; alors il feroit néceſſaire de ſouſtraire de ſon diamètre, deux fois la demi-groſſeur de la corde : c'eſt-à-dire, que le diamètre de la poulie devroit être plus petit de la quantité du diamètre même de la corde du poids.

751. Les détails que je donne ici ſont faits en faveur des ouvriers qui n'ont aucune connoiſſance des principes qui doivent les diriger, lorſqu'ils exécutent des Pendules à ſecondes, dont les dimenſions ne leur ont pas été fixées; & il eſt important pour la perfection de ces ma-

chines, de ne pas perdre les avantages que procure la plus grande descente du poids, ce qui détermine toujours, comme nous l'avons vu, les autres conditions de la machine.

Description de l'Horloge Astronomique.

PLANCHE X.

752. Je m'étois d'abord proposé de donner seulement une notion de cette Horloge ; mais depuis que je me suis occupé de son exécution, j'ai vu que pour en faciliter l'intelligence, il étoit nécessaire de donner un nouveau plan, avec la disposition du mouvement destiné pour la faire marcher 42 jours : & d'ailleurs, pour mieux en concevoir la construction, j'ai jugé qu'il falloit donner le profil de l'Horloge rassemblée : j'en ai en conséquence fait les dessins que j'ai fait graver. Je m'y suis déterminé d'autant plus volontiers, qu'il m'a paru que cette Horloge astronomique, présente plusieurs avantages : 1°. de pouvoir être transportée facilement, à cause de son peu de volume : 2°. d'avoir un échappement qui a très-peu de frottement : 3°. de pouvoir marcher long-temps sans être remontée ; indépendamment de ces avantages, je pense qu'elle sera encore utile en présentant de nouveaux moyens de construction.

753. La Planche X, fig. 1, représente le profil de cette Horloge, qui est composée de trois platines de même grandeur de figures quarrées : ces platines forment deux cages qui contiennent ou supportent toute la machine ; la platine *A*, *A*, doit avoir le double de l'épaisseur des autres platines, parce que c'est elle qui soutient toute l'Horloge, Pendule, poids & rouage : cette platine *A*, *A*, doit être attachée par 4 fortes vis sur une planche en bois de noyer d'un pouce d'épaisseur ; cette planche doit être elle-même fixée solidement contre un mur, par un clou à crochet, &c.

le bas de la planche porte le timbe *T*, *T*, vu en plan, (Planche IX, fig. 1). Sur la platine *A*, *A* (Planche X) fig. 1, ſont rivés 4 piliers ſolides *B*, *B*, vus en plan, fig. 2. Ces 4 piliers ſont aſſemblés avec la ſeconde platine *C*, *C*, & ſervent de ſupport à la cage du rouage & du poids moteur. La troiſième platine *D*, *D*, porte 4 piliers qui aſſemblés avec la ſeconde *C*, *C*, forme la cage du rouage.

754. La première roue *E*, *E* du rouage, porte la poulie *F*, *F* ſur laquelle paſſe la corde qui ſoutient le poids moteur *I*; cette corde paſſe ſous la poulie *G*, remonte ſur celle *H*, *H* de remontoir, & va enſuite ſur une troiſième poulie, qui porte le contre-poids, vu (fig. 2); la poulie de remontoir *H*, porte le rochet d'incliquetage *X*, *X*; l'un & l'autre ſont placés en dehors de la platine des piliers, & tourne ſur une forte broche d'acier attachée à cette platine.

755. La roue *E*, *E* engrene dans le pignon *a*, *E*; ſur l'axe de ce pignon, eſt rivée la roue des heures *K*, *K*; *L*, *L* eſt le cadran des heures, rivé ſur un canon qui entre à frottement ſur l'axe du pignon *a*.

756. La roue des heures *K*, *K* engrene dans le pignon de minutes, dont l'axe prolongé porte le pivot *b*, ſur lequel s'ajuſte l'aiguille des minutes : le pignon de minute, ne peut être vu dans le profil, parce qu'il eſt derrière l'aſſiette de la roue des heures, qui ſe trouve dans la même direction du pignon. (Voy. fig. 2); l'axe du pignon de minutes, porte la roue *M*, *M* de minutes, dont *c*, *c* eſt l'aſſiette.

757. La roue de minutes *M*, *M*, engrene dans le pignon *d*, dont l'axe porte la roue moyenne *N*, *N*. Celle-ci engrene dans le pignon *e* de ſecondes; le pivot prolongé *f* de ſon axe, porte l'aiguille des ſecondes; l'axe du pignon *e*, porte la roue *O*, *O* placée au dehors de la cage du rouage, & dont le pivot roule dans le trou du pont *g*, *g* attaché par une vis & deux pieds ſur le dehors de la platine *C*, *C*.

758. La roue de ſecondes *O*, *O*, engrene dans le pignon

gnon *h* qui porte la roue d'échappement *P*, *P*. Cette roue eſt miſe en cage, au moyen de la platine *C*, *C*, & du pont *i*, *k* attaché par une vis, & deux pieds ſur le dehors de la ſeconde platine du rouage.

759. La roue *P*, *P* communique ſon action au cercle d'échappement *Q*, mobile en *l* : le pivot *l* de l'axe du cercle d'échappement tourne dans le trou du pont *m* : ce pont eſt attaché par une vis & deux pieds ſur le dehors de la ſeconde platine *C*, *C* du rouage, & le pivot *n* du même axe, tourne dans le trou fait à la platine *D*, *D* des piliers du rouage.

760. La détente d'échappement *o*, *p*, *q*, eſt miſe en cage en dehors de la ſeconde platine *C*, *C* du rouage, au moyen du pont *r*, *S*, attaché à cette platine par une vis & deux pieds : *p* eſt l'axe de la détente, *o* le talon qui ſuſpend l'action de la roue d'échappement *P*; & *q* le bras de cette détente qui eſt élevée par la cheville *t* de la *levée-reſſort* attachée ſur le cercle d'échappement *Q*. (Voy. Planche IX, fig. 5, le plan de l'échappement, & Planche X, fig. 2).

761. Le cercle d'échappement *Q*, porte la tige *u*, la quelle ſert à communiquer au Pendule *R*, l'impulſion du moteur tranſmiſe à l'échappement, pour entretenir le mouvement du régulateur ou Pendule.

762. Le Pendule compoſé repréſenté en plan, Planche IX, fig. 1, eſt vu de profil, Planche X, fig. 3; c'eſt le même Pendule qui eſt appliqué à l'Horloge aſtronomique, vue de profil, Planche X, fig. 1. On n'a pas pu repréſenter dans cette figure, le Pendule en entier : *R* repréſente une partie de la verge, dont *S*, *S* eſt le couteau ſur lequel ſe meut le Pendule; le couteau *S* poſe dans le fond de la rainure du ſupport *T*, *T*, mobile en *U*, ſur deux vis diamétralement oppoſées. Ce mouvement du ſupport ſert à faire reprendre au pendule ſon *à plomb* : la vis *U* eſt portée par un pont *V*, *V*, dont la patte eſt fixée par une vis & deux pieds ſur la première platine *A*, *A* : la fig. 2, Planche IX,

repréſente la diſpoſition du ſupport & de ſes ponts, & la fig. 3 de la même Planche, repréſente le ſupport vu en plan.

763. La figure 3, Planche X, repréſente le Pendule, vu de profil : *H* eſt la partie du chaſſis d'acier, ſur laquelle eſt fixé le couteau *S*; *b* le haut du chaſſis, *P* les traverſes de cuivre qui contiennent les bouts ſupérieurs des barres du Pendule, *O* les traverſes attachées ſur la fourchette *N* de cuivre, pour contenir les bouts inférieurs des barres du Pendule; *M*, *M* la fourchette d'acier qui embraſſe la lentille *L*, fixée à cette fourchette par la vis *I* : *R*, *Q*, *S* la pièce attachée au bas de la lentille, pour porter le poids, *R*, *R*, ſervant à régler l'Horloge au plus près : voy. ci-devant (n° 731), la deſcription du Pendule compoſé à chaſſis à demi-ſecondes.

764. La fig. 2, Planche X, repréſente le plan de l'Horloge, tracé ſur le dehors de la troiſième platine-cadran *D*, *D*, ou des piliers du rouage.

765. *E*, *E* eſt la premiere roue du rouage, ſur laquelle eſt attachée par deux vis la poulie *F*, *F* du poids moteur. Cette roue a 120 dents & 32 lignes $\frac{1}{2}$ de diamètre; elle engrene dans le pignon *a*, qui a 20 dents & 5 lignes $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre; ſur l'axe de ce pignon eſt fixée la roue des heures.

766. La roue des heures *K*, *K*, a 240 dents & 29 lig. de diamètre; elle engrene dans le pignon *b* de minute; ce pignon a 20 dents & 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre. Il porte la roue de minutes.

767. La roue de minutes *M*, *M* a 160 dents & 19 lig. $\frac{4}{12}$ de diamètre; elle engrene dans le pignon *d* de la roue moyenne; ce pignon a 20 dents & 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre.

768. La roue moyenne *N*, *N* a 150 dents & 18 lig. $\frac{3}{12}$ de diamètre; elle engrene dans le pignon *e* de 20 dents & 2 lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre; l'axe de ce pignon porte la roue de ſecondes.

769. La roue *O*, *O* de fecondes, a 120 dents & 14 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, elle engrene dans le pignon *h* de 20 dents & deux lig. $\frac{6\frac{1}{2}}{12}$ de diamètre : l'axe de ce pignon porte la roue d'échappement; *g*, *d* eft le pont de la roue de fecondes.

770. La roue *P*, *P* eft celle d'échappement; elle a 10 dents & 12 lig. de diamètre; *i*, *k* eft le pont de cette roue.

o, *p*, *q* eft la détente d'échappement; *r*, *s* le pont de la détente dont *p* eft le centre de mouvement; l'axe de cette détente doit porter le bras *g* qui tient lieu de reffort pour la faire retomber. Voy. Planche IX, fig. 5, & ci-devant n° 737.

771. *l*, *Q* eft le cercle d'échappement, dont le centre de mouvement eft en *l*; *l*, *m* eft le pont de l'axe du cercle *Q*, *l*.

Je n'entrerai pas dans de plus grands détails fur cet échappement; on peut voir les effets & la conftruction de l'échappement à vibrations libres, décrit Chapitre IV, n° 82 & fuivant.

772. *H* eft la poulie de remontoir du poids; elle eft fixée fur un canon qui roule fur une broche d'acier portée par le dehors de la platine-cadran *D*, *D* : à l'autre bout du même canon, eft fixé le rochet *X*, *X* d'encliquetage; *x* eft le cliquet, & *y*, *x* le reffort : le fond de la poulie *H*, *H*, doit être garni de pointes de même que la poulie *F* du poids : la corde qui paffe fur ces deux poulies, doit être faite de foie, comme celà fe pratique dans cette forte de difpofition, & on fait que cette corde eft rejointe par les deux bouts, pour former une corde *fans fin* : *G* eft la poulie qui foutient le poids moteur *I*, & *Y* la poulie du contre-poids *Z*.

773. *L*, *L* eft la portion du cadran des heures, qui paroît à travers l'ouverture faite à la platine-cadran *D*, *D*, pour voir les heures; *v*, l'index porté par la platine.

1, 2, 3, 4 ſont les quatres piliers portés par la platine-cadran *D*, *D*; *C*, *D*, fig. 1, repréſentent deux de ces piliers.

774. 5, 6, 7, 8, ſont les quatres piliers portés par la platine de ſuſpenſion, & qui ſervent à porter la cage du rouage : *B*, *B*, fig. 1, repréſente un de ces piliers.

775. Les pignons de cette Horloge, ſont fendus ſur la machine à fendre, & arrondis à l'outil, de même que les roues, c'eſt-à-dire de la même manière que ſont exécutés les pignons & les roues de mes Horloges à Longitude.

CHAPITRE X.

Du Pendule à demi-ſeconde, compoſé avec des tringles pour la correction des effets du chaud & du froid; & la méthode d'en fixer les dimenſions par le calcul; celle de vérifier ces ſortes de Pendules, par des épreuves ſûres.

1°. *Diſpoſition du Pendule à demi-ſeconde, compoſé avec des tringles.*

776. LE Pendule compoſé à chaſſis que j'ai décrit ci-devant, n° 731, lequel eſt repréſenté, Planche IX, fig. 1, & qui eſt vu de profil, Planche X, fig. 3, eſt conſtruit de manière à remplir parfaitement ſes effets, & ſes dimenſions ſont données pour opérer complettement la compenſation des effets du chaud & du froid; mais ce Pendule exige une très-grande préciſion dans ſon exécution, & un travail aſſez conſidérable, enſorte que par-là, il ne peut pas

être facilement exécuté par des ouvriers ordinaires en Pendule.

C'eſt pour éviter les difficultés de ſon exécution, que je conſeille à ces derniers d'exécuter préférablement le Pendule composé à baguette, qui eſt plus ſimple & plus facile à travailler, & c'eſt en leur faveur que je vais donner la diſpoſition & les dimenſions de ce Pendule, telles que je les ai ſouvent employées.

777. La diſpoſition des tringles d'acier & de cuivre, qui doivent former la compenſation, doit être la même dans le Pendule à demi-ſecondes, que pour celui qui bat les ſecondes, ainſi ces deux Pendules ne diffèrent que par leurs dimenſions : c'eſt par cette raiſon que je me ſuis diſpenſé de repréſenter de nouveau le Pendule à demi-ſecondes. La fig. 2, Planche VIII, qui repréſente le Pendule à ſeconde, peut également ſervir à diriger l'exécution du Pendule à demi-ſecondes à tringle : mais nous devons obſerver ici que dans le Pendule à demi-ſecondes, on ne peut pas employer facilement la ſuſpenſion à reſſort, comme on le fait pour le Pendule à ſeconde, Planche VIII, parce que la longueur du reſſort de ſuſpenſion obligeroit d'entailler la lentille encore plus qu'elle ne l'eſt pour le Pendule à demi-ſecondes à chaſſis, vu Planche IX, fig. 1. Il faut donc appliquer la ſuſpenſion à couteau, qui eſt d'ailleurs préférable pour les courts Pendules : & pour avoir encore plus de facilité à employer les dimenſions requiſes pour la compenſation dans le *chaſſis à tringles*, ſans trop entailler la lentille, & par conſéquent, pour ménager ſon ajuſtement, il faut que l'angle du couteau de ſuſpenſion deſcende juſques au milieu de la traverſe ſupérieure du chaſſis ; c'eſt-à-dire, qu'il ſoit au niveau des chevilles *a*, *a* de la traverſe *A*, Planche VIII, fig 2.

778. Dans le Pendule composé à chaſſis à demi-ſecondes, repréſenté Planche IX, fig. 1, j'ai ſuſpendu la lentille par ſon centre, & c'eſt un avantage, puiſque les dilatations du cuivre dont cette lentille eſt formée, & celles du plomb dont elle eſt

eſt remplie, ne peuvent pas altérer la compenſation (a), mais cette conſtruction qui eſt très-bonne, exige trop de travail, enſorte que pour l'éviter dans les Pendules compoſés à tringles, j'ai ajuſté tout ſimplement la lentille, comme on le fait ordinairement ſur un quarré dont le bout inférieur eſt taraudé pour recevoir l'écrou qui ſert à régler l'Horloge, de la manière qu'on le voit, Planche VIII, fig. 2, & cette méthode eſt ſuffiſante pour les Horloges à demi ſeconde, dans leſquelles on n'exige pas la préciſion l plus rigoureuſe.

Dimenſions du Pendule compoſé à tringles à demi-ſecondes.

Planche VIII, fig. 2.

779. La longueur du chaſſis à tringles, doit être de 8 pouces, depuis le dehors de la traverſe *A*, juſques au dehors de la traverſe *B*, qui forme le premier chaſſis.

La largeur des traverſes *A*, *B* doit être de 2 $\frac{1}{2}$ lignes chacune; chaque traverſe *C*, *D*, *E* doit avoir 2 lig. de largeur.

780. L'intervale entre les traverſes *A*, *C*; *C*, *E*; *D*, *B* doit être d'environ $\frac{1}{3}$ de ligne.

781. La largeur du chaſſis priſe du dehors des tringles d'acier *b*, *b*, doit être de 18 lignes.

782. La groſſeur des tringles d'acier & de cuivre, doit être de 1 $\frac{1}{2}$ ligne.

783. Le diamètre de la lentille, doit être de quatre pouces; ſon épaiſſeur au centre 16 lignes.

784. L'angle du couteau doit deſcendre juſques au milieu de la traverſe *A*.

(a) Voy. *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 2015.

Dimensions du Pendule composé à chassis à demi-secondes.

Planche IX, fig. 1.

785. Le chassis d'acier extérieur *a*, *b*, *c*, *d* a de longueur, depuis le dehors de la traverse *a*, *b*, au dehors de la traverse *c*, *d*, 8 pouces 3 lignes.

786. Le même chassis a en dedans 7 pouces 10 $\frac{1}{2}$ lignes.

787. Largeur de ce premier chassis d'acier 18 lignes; il est composé de 9 montants ou barres de 2 lignes chacune de largeur.

788. Le second chassis d'acier a de longueur en dehors 7 pouces 10 lignes.

789. L'épaisseur des chassis d'acier, & des barres de cuivre est de 1 $\frac{6}{12}$ lignes.

790. Largeur de la traverse *a*, *b*, 3 lignes; la traverse d'en-bas *c*, *d* a 2 $\frac{1}{2}$ lignes.

791. La distance du dessous de la fourchette de cuivre *N*, *N*, au centre de la lentille, est de 10 lignes.

792. La distance de l'angle du couteau au centre de la lentille, est de 9 pouces 3 lignes.

793. Le diamètre de la lentille est de 4 pouces; son épaisseur 16 lignes.

2°. *Méthode de calcul pour déterminer les dimensions du Pendule, pour la compensation des effets du chaud & du froid.*

794. Lorsque l'on exécute pour la première fois un Pendule composé, dont les vibrations diffèrent, d'un autre Pendule déja déterminé, il faut, avant de travailler à son exécution, faire le calcul de ses dimensions, d'après les régles que nous avons établies, *Essai sur l'Horlogerie*, n^{os}

1749, 1754 & n° 1765; & c'eſt ainſi que j'en ai uſé pour le Pendule à demi-ſecondes à chaſſis, repréſenté Planche IX, figure 1; mais j'ai augmenté à deſſein la longueur du chaſſis, plus que le calcul ne le donnoit, afin d'avoir la facilité d'arriver à une exacte compenſation, en diminuant au beſoin la longueur des verges intérieures : nous allons vérifier de nouveau par le calcul, les dimenſions du Pendule, afin de connoître ſi la compenſation du chaud & du froid doit être complette.

De la Meſure des diverſes parties du Pendule que l'on doit faire entrer dans le calcul.

795. La dilatation du chaſſis d'acier extérieur *a*, *b*, *c*, *d*, Planche IX, fig. 1, doit ſe compter depuis l'angle du couteau, juſques au dedans de la traverſe inférieure *c*, *d* de ce chaſſis ſur laquelle poſent les regles ou montans de cuivre *f*, *h* : cette diſtance eſt ici de 7 pouces 11 lig. $\frac{1}{2}$ = 95 $\frac{1}{2}$ lig.

796. La dilatation du ſecond chaſſis d'acier doit ſe compter depuis le deſſus de la traverſe inférieure *n*, *o* ſur laquelle poſent les regles *q*, *s* de cuivre, juſques au point de contact du bout ſupérieur de ce chaſſis d'acier, ſur les bouts *e*, *i* des verges de cuivre: cette diſtance eſt de 7 pouces 6 lig. = 90 lig.

797. La longueur de la troiſième verge d'acier, dont la dilatation doit être compriſe dans le calcul, doit être meſurée depuis le centre de la lentille, juſques au point de contact de cette verge ſur le bout ſupérieur des regles de cuivre *p*, *r*, ſur leſquelles elle poſe, & il faut ſuppoſer, pour avoir cette meſure, que le centre de la len-

tille

tille eſt diſtant de l'angle du couteau, de 9 pouces 4 lignes, qui eſt à peu près la vraie longueur du Pendule compoſé, lorſque l'Horloge eſt réglée; d'après cela, je trouve que la longueur; de la troiſième régle d'acier *t*, *x*, *y* eſt de 8 pouces 9 lignes = 105 lig.

La ſomme de ces trois quantités, ou des verges d'acier, eſt de 290 $\frac{1}{2}$ lig.

798. Les régles de cuivre *e*, *f*; *g*, *i*, ont 7 pouces 8 lig. = 92 lig.

799. Les régles de cuivre *p*, *q*, *r*, *s*, ont 7 pouces trois lig. de longueur = 87 lig.

Somme des verges de cuivre 179 lig.

800. J'ai prouvé, *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 1749, que pour la compenſation, *les longueurs des verges d'acier, doivent être aux longueurs des verges de cuivre, comme la dilatation du cuivre eſt à la dilatation de l'acier :*

801. On a donc la proportion,

290 $\frac{1}{2}$ lig. acier : 179 lig. cuivre : : 121 dilatation cuivre : 74 dilatation acier.

74	179
1160	1089
2030	847
37	121
21497	21659

802. En faiſant comme ci-deſſus, le produit des termes extrêmes, & des termes moyens de la proportion, on trouve que 121, dilatation du cuivre, multiplié par 179, longueur des verges de cuivre, donne un produit plus grand que celui de 74, dilatation de l'acier, multiplié par les longueurs 190 $\frac{1}{2}$ lignes des verges d'acier : ce qui prouve que la compenſation ſera trop forte; il faut donc raccourcir les deux verges ou régles *p*, *q* & *r*, *s* de cuivre, & raccourcir éga-

lement la verge d'acier *t*, *y* vers *t*. Nous ſuppoſerons ici que l'on a raccourci les unes & les autres de deux lignes. On aura 288 $\frac{1}{2}$ lig. pour les longueurs des verges d'acier, & 177 lig. pour les verges de cuivre.

803. On aura donc la proportion
288 $\frac{1}{2}$: 177 : : 121 : 74.

Multipliant les termes, on a pour produit de l'acier 21349, & pour le produit du cuivre 21417.

804. Ce dernier eſt encore trop grand, & on trouvera qu'en diminuant encore d'une ligne les verges de cuivre, & d'autant celle d'acier, la compenſation ſera très-approchante.

805. On peut donc en allant ainſi de proche en proche, fixer exactement les dimenſions d'un Pendule compoſé, afin d'obtenir une exacte compenſation des effets du chaud & du froid : & ſans recourir à la formule du n° 1765 de l'*Eſſai ſur l'Horlogerie*, qui, quoique plus directe & plus courte, paroîtra plus difficile pour les perſonnes qui ne ſont pas exercés à ces ſortes de calculs.

3°. *De la manière de faire les épreuves d'un Pendule compoſé à demi-ſecondes, pour connoître ſi la compenſation du chaud & du froid eſt exacte.*

806. Les dimenſions & le calcul que je viens de donner, ſont faites d'après le Pendule même que j'ai fait exécuter pour être employé à l'Horloge aſtronomique, que j'ai décrit ci-devant, n° 731. On voit par ce calcul, que la compenſation des effets du chaud, doit être complette, en ſuppoſant cependant que les dilatations du cuivre & de l'acier, dont ce Pendule eſt formé, ſont les mêmes que celles des branches d'acier & de cuivre, qui ont ſervi aux épreuves rapportées *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 1765, qui ont donné le rapport de la dilatation de l'acier à celle du cuivre, comme 74 à 121.

807. Pour donc s'aſſurer que la compenſation eſt exacte, il eſt néceſſaire de placer ce nouveau Pendule ſur un *Pyromètre* de la même manière que je l'ai pratiqué pour le Pendule composé à ſecondes. Voy. *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 2021, & la deſcription du pyromètre, n° 1671 & ſuivant de l'*Eſſai* : Mais comme cet inſtrument eſt de nature à n'être pas entre les mains des artiſtes qui peuvent en avoir beſoin (*a*) ; je vais propoſer un moyen ſimple pour faire les épreuves du chaud & du froid, avec des Pendules composés à demi-ſecondes, ainſi que des Pendules plus courts.

808. La méthode que je me propoſe d'employer pour connoître ſi le Pendule produit exactement la correction du chaud & du froid, eſt la même que j'emploie pour mes *Horloges Marines ;* c'eſt de placer l'Horloge aſtronomique, lorſqu'elle ſera entièrement terminée dans une étuve : & en faiſant paſſer l'Horloge par divers degrés de température ; on jugera par ſa marche, comparée au temps d'une bonne Pendule à ſecondes, qui reſte dans la même température; qu'elles ſont les différences qui ont lieu par le chaud & par le froid.

809. Pour faire ces épreuves, il faut que l'Horloge aſtronomique ſoit fixée ſolidement contre un mur, & fermée par une boîte ou étuve qui contienne ſeulement l'Horloge & ſon Pendule : on fera paſſer dans cette boîte d'épreuve, des tuyaux en ferblanc, dont les bouts inférieurs recevront la chaleur des deux lampes, placées en dehors de la boîte, afin que la fumée de ces lampes n'entre pas dans l'étuve.

810. Pour ne pas confondre les variations produites par la chaleur ou par le froid, ſur le Pendule, avec les changemens produits ſur les huiles & frottement du rouage, il faut avoir ſoin que les arcs que le Pendule décrit ſoient de même étendue par le chaud & par le froid, & il eſt facile

(*a*) Parce qu'un pyromètre doit être exécuté avec de très-grands ſoins, & que par-là il exige beaucoup de dépenſe, & cet inſtrument doit avoir d'autant plus de préciſion, qu'il ſert à de plus courts Pendules : car dans le Pendule à demi-ſecondes, une différence de $\frac{1}{400}$ de ligne, produit une erreur d'une ſeconde en 24 heures; c'eſt-à-dire, 4 fois plus grande qu'elle n'eſt dans le Pendule qui bat les ſecondes. *Eſſai ſur l'Horlogerie, n°* 1709, 1713.

de ramener ces arcs à la même étendue, ſoit en ajoutant ou en ôtant du poids moteur.

811. En faiſant uſage des moyens que je viens d'indiquer, on connoîtra ſûrement ce qui manque au Pendule, pour produire la compenſatiou exacte par les diverſes températures, & on pourra ſi on le veut, le corriger, en changeant les longueurs des verges de cuivre, *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 2013.

812. On peut ſe diſpenſer de changer les dimenſions du Pendule ; il ſuffit de dreſſer une table qui indique pour divers degrés de température, les différences qui ont lieu dans la marche de l'Horloge. C'eſt ici un moyen que j'emploie dans mes Horloges à Longitude. Voy. ci-devant, Chapitre XX, Premiere Partie.

813. Enfin, pour que l'obſervateur qui fera uſage d'une telle Horloge, puiſſe en obtenir une exactitude encore plus rigoureuſe, on pourroit former une table qui indiquât quelle ſera la marche de l'Horloge, lorſque les arcs viendront à diminuer. Voy. Chapitre XX, Première Partie, la formation de cette table que j'emploie avec les Horloges à Longitude.

814. On conçoit que les épreuves pour la température, doivent être faites en hiver; l'Horloge à éprouver, doit être placée dans une chambre ſéparée de celle où eſt placée la Pendule à ſecondes, à laquelle elle eſt comparée, afin qu'en ouvrant les fenêtres pour avoir plus de froid, la Pendule à ſecondes ne puiſſe être affectée des différences de la température, différences qui ne doivent porter que ſur la nouvelle Horloge.

815. J'ai donné dans le *Traité des Horloges Marines*, les méthodes que l'on doit employer pour régler les Horloges aſtronomiques. Voyez n° 1329 & ſuivant. On peut voir dans le même ouvrage la deſcription de l'étuve qui ſert aux épreuves des *Horloges à Longitudes*, Voy. n° 1415 & ſuivant, la manière d'éprouver ces machines, par diverſes températures : les mêmes moyens peuvent être em-

ployés dans les Horloges aſtronomiques à court Pendule ; & c'eſt encore ici un avantage de la conſtruction que j'ai donnée dans les Chapitres IX & X.

CHAPITRE XI.

De la conſtruction d'une petite Horloge aſtronomique, pour ſervir à la meſure de la peſanteur, par les diverſes latitudes.

816. Il ſeroit fort utile pour déterminer exactement l'effet de la peſanteur (*a*) ſous diverſes latitudes ; & d'avoir une Horloge à Pendule aſſez ſûre pour fixer les quantités dont la peſanteur varie du pole à l'équateur : & il ſeroit également utile pour les obſervateurs, d'avoir une Horloge aſtronomique plus commode & plus portative que ne le ſont nos grandes Horloges : c'eſt dans cette vue que je vais propoſer ici la conſtruction d'une Horloge qui puiſſe réunir ces avantages, en obtenant cependant de cette machine, toute la préciſion dont un obſervateur qui voyage peut avoir beſoin.

817. Pour remplir les vues que je viens de propoſer ; il faut employer un court Pendule, qui faſſe trois vibrations par ſeconde, ou 10800 vibrations par heure. La longueur de ce Pendule, depuis le centre de ſuſpenſion, juſqu'à celui de la lentille, eſt de quatre pouces $\frac{11}{12}$ de ligne : & pour obtenir de ce régulateur, toute la juſteſſe requiſe, il eſt néceſſaire qu'il ſoit compoſé de ſorte qu'il n'éprouve pas de variations dans ſa longueur, par les diverſes températures.

818. La Planche XI, fig. 1, fait voir la conſtruction

(*a*) *Voy. Eſſai ſur l'Horlogerie* : la note du n° 2092, les effets que l'on obſerve ſur la peſanteur, par pluſieurs latitudes.

de ce Pendule; il eſt ici repréſenté avec les dimenſions convenables pour la correction du chaud & du froid: *a*, *b*, *c*, *d*, eſt un chaſſis d'acier formé par une ſeule pièce; la traverſe *a*, *b* doit porter dans le milieu de ſa largeur, une fourchette *H*, dans laquelle eſt ajuſté le conteau *A* de ſuſpenſion du Pendule : la ſuſpenſion n'eſt pas ici repréſentée; elle eſt pareille à celle du Pendule à demi-ſecondes de la Planche IX, décrit Chapitre VIII.

Sur la traverſe inférieure *c*, *d* du chaſſis d'acier, poſent deux verges de cuivre *f*, *e*; *h*, *g* : ſur les bouts ſupérieurs *e*, *g* de ces verges, poſe la traverſe d'acier *i*, *l*, fixée ſur une verge d'acier, *B*, *C* qui forme le milieu du Pendule; le bout *C* de cette verge paſſe librement dans un trou à mortoiſe de la traverſe *e*, *d* du chaſſis.

819. La lentille *D*, *D*, eſt formée de deux parties, afin de pratiquer facilement le paſſage du Pendule; cette lentille eſt fixée par ſon centre, au moyen de la vis *G*, qui traverſe les deux parties de la lentille, & l'attache à la verge *B*, *C*, à la diſtance convenable du centre *H* de ſuſpenſion, pour que le Pendule batte les tiers de ſeconde : la mortoiſe faite dans l'épaiſſeur de la lentille *D*, *D*, doit être faite, de ſorte qu'elle ne touche pas au chaſſis d'acier, mais ſeulement à la verge du milieu, ſur laquelle elle eſt fixée, afin que les divers effets de la température, s'opérent ſans obſtacle.

820. La pièce *F* attachée au bas de la verge *B*, *C* du milieu, eſt un coulant qui peut monter & deſcendre dans la fente *l*, *m* de cette verge : ce coulant eſt fixé à volonté, à la verge, par la vis *F*: ce mouvement ſert à régler l'Horloge au plus près, au moyen de l'index qui répond à la graduation faite ſur la verge *h* de cuivre.

821. *I*, *K*, *L*, *M*, eſt une plaque de cuivre, ſur laquelle la ſuſpenſion du Pendule doit être attachée : cette plaque ſert, en même-temps, à porter le mouvement de l'Horloge, au moyen de quatre piliers.

822. Sur le bas de la plaque *L*, *M*, eſt fixé le limbe *E*, gradué en degrés du cercle, pour connoître l'étendue

des arcs décrits par le Pendule, au moyen de l'index *p*, fait au bout de la verge du milieu *B*, *C*.

823. La figure première indique aussi la disposition que j'ai donnée à ce Pendule, pour y appliquer le compensateur isochrone que j'adopte à mes Horloges à Longitude. Voy. Première Partie, Chapitre I : *y*, *y* est l'excentrique placé sur le couteau *A* de suspension; *z* le rouleau compensateur; *P* sa chappe; 7, 8 le ressort; *Q* le pont à mâchoire, sur lequel la partie 8 du ressort est fixée; le pont *Q* est attaché en *K* sur la plaque de cuivre *I*, *K*, *L*, *M*.

824. Les figures 2 & 3 représentent le plan du mouvement de l'Horloge; il est composé de deux platines *A*, *A*; *B*, *B*, figure 2, 3; *A*, *A*, figure 2, est le dehors de la platine-cadran, dont le dedans porte les quatre piliers, 1, 2, 3, 4.

825. La première roue *B*, fait un tour en 12 heures, elle porte le cadran des heures : les heures paroissent à travers l'ouverture faite en *a*, à la platine-cadran *A*, *A*; la roue des heures, *B*, porte la poulie *C* sur laquelle passe la corde du poids : cette roue *B* engrene dans le pignon *b* de minute; son pivot prolongé porte l'aiguille des minutes; sur ce pignon, est fixé la roue *D* de minute; elle engrene dans le pignon *c*, qui porte la roue moyenne *E*; celle-ci engrene dans le pignon *d* de secondes; le pivot prolongé de ce pignon, porte l'aiguille de secondes; sur ce pignon est rivée la roue *F* de secondes: *G* est une portion du cadran de minute, & *H* une portion du cadran de secondes : ces deux cadrans sont attachés sur le dehors de la platine *A*, *A*, chacun par une vis & un pied.

826. *B*, *B*, figure 3, représente le dehors de la seconde platine : 1, 2, 3, 4, sont les bouts des piliers portés par la platine *A*, *A*, figure 2. La cage formée par ces deux platines *A*, *A*, figure 2, & *B*, *B*, figure 3, contient les roues *B* des heures, *D* de minutes, la roue moyenne *E*, & la roue de secondes : cette roue est représentée, fig. 3, par le cercle ponctué *F*, elle engrene dans le pignon *e*, qui porte la roue d'échappement

I, fig. 3; le pignon *e* de cette roue, paſſe en dedans de la cage, pour aller engrener dans la roue de ſecondes *F*; le pivot de ce côté doit rouler dans le trou d'un pont porté par le dedans de la platine *B*. L'autre pivot de la roue d'échappement, *I* eſt porté par le pont *K*, *e*.

827. Pour obtenir de cette Horloge, toute la juſteſſe dont elle peut être ſuſceptible, j'y fais l'application de l'échappement à vibrations libres : la diſpoſition eſt indiquée par la fig. 3, qui en repréſente le plan.

828. *a* eſt le centre de mouvement du cercle d'échappement *a*, *L*: l'angle du couteau *H* du Pendule, fig. 1, doit être placé exactement à la même hauteur que le centre *a* du cercle d'échappement *a*, *L*, fig. 3; *M a* eſt le pont qui reçoit un des pivots de l'axe du cercle *a*, *L*; l'autre pivot roule dans un trou de la platine-cadran.

829. Le cercle d'échappement *a*, *L*, fig. 3, porte vers *L* une tige qui répond à la fente qui doit être faite à la verge d'acier *B*, du Pendule, fig. 1; *q* eſt cette fente.

Cette broche ou fourchette portée en *L*, fig. 3, doit ſe mouvoir par une vis de rappel.

830. *b*, *c*, *d* eſt la détente d'échappement miſe en cage ſur le dehors de la platine *B*, *B*, fig. 3, au moyen du pont *N*; *c* eſt le centre de mouvement de cette détente; *b*, le bras ou talon qui ſuſpend l'action de la roue d'échappement *I*; *d* le bras droit ſur lequel agit la cheville du *reſſort-levée d*, *f*; ce reſſort eſt attaché en *P* par une vis & deux pieds ſur le cercle d'échappement, *L*, *P*, *Q*, *a*; le poids *g* porté par le bras *c*, *g* fixé ſur l'axe de la détente, ſert à ramener cette détente, après qu'elle a été élevée par le *reſſort-levée d*, *f*, du cercle d'échappement; la cheville *l* portée par le cercle, borne la courſe du *reſſort-levée*, & la cheville *h* fixée à la platine *B*, *B*, fixe la courſe de la détente *b*, *c*, *d*. Nous renvoyons pour une plus ample explication de cet échappement, au Chapitre IV, Première Partie.

Nombres

Nombres du rouage.

831. La roue des heures *B*, fig. 2, a 180 dents & 24 lig. de diamètre.

Le pignon *b* de minutes a 15 dents & 2 lig. de diamètre.

La roue *D* de minutes a 128 dents & 16 lig. de diamètre, le pignon *c* de la roue moyenne, 16 dents & 2 lig. de diamètre.

La roue moyenne *E*, 120 dents & 15 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre : le pignon *d* de ſecondes, 16 dents & 2 lig. de diamètre.

La roue de ſeconde *F*, a 108 dents & 13 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, le pignon *e* d'échappement, fig. 3, a 12 dents.

La roue d'échappement *I*, fig. 3, a 10 dents & 10 lig. de diamètre, la levée de l'échappement eſt de 10 degrés.

832. Nous devons obſerver ici que comme le Pendule bat les tiers de ſeconde, ou qu'il fait 3 vibrations par ſeconde; & que par la nature de l'échappement à vibrations libres, pendant que l'aiguille des ſecondes fait un battement, le Pendule fait 2 vibrations; il s'enſuit que chaque battement de l'aiguille des ſecondes, répond à $\frac{2}{3}$ de ſeconde; & par conſéquent, 3 battemens de l'aiguille, répondent à 2 ſecondes de temps. Il faut donc diviſer le cadran de ſecondes en 30 parties, dont chaque diviſion répondra à 2 ſecondes; mais entre ces diviſions, l'aiguille fera 2 battemens. Le premier battement qui ſuivra la diviſion, répondra à $\frac{2}{3}$ de ſeconde, & le ſecond battement de l'aiguille vaudra $\frac{4}{3} = 1\ \frac{1}{3}$. Ceci bien entendu, l'obſervateur qui fera uſage de cette Horloge, n'éprouvera aucun embarras pour compter le temps de l'Horloge, & il aura une ſubdiviſion du temps qui ſera utile pour l'obſervation exacte.

Calcul servant à trouver la dimension du Pendule composé à chassis de cinq montants, qui fait trois vibrations par seconde, pour obtenir une compensation exacte des effets du chaud & du froid.

Planche XI, *fig.* 1.

833. Le chassis d'acier *a, b, c, d,* depuis l'angle du couteau, jusques au dessus de la traverse *c, d,* sur laquelle posent les tringles de cuivre, *f, h*, a de longueur 6 pouces 4 lig. =	76 lig.
La regle d'acier *B*, qui porte la lentille, depuis le centre *G*, jusques au-dessus des bouts *e, g* des regles de cuivre, a de longueur	46 lig.
Somme des regles d'acier,	122 lig.
Les regles de cuivre ont 6 pouces 1 lig. =	73 lig.

On a donc la proportion, *Essai sur l'Horlogerie*, n° 1749.

Voy. ci-devant n° 800

122 lig. acier : 73 lig. cuivre : : 121 dilatation acier : 174 dilatation cuivre.

74	73
488	363
854	847
9028	8833

D'où l'on voit que la compensation n'est pas assez grande, puisque le produit des variations du cuivre, est plus petit que celui de celles de l'acier.

Supposons le chassis d'acier de 2 lig. plus long, & les regles de cuivre aussi de 2 lig. plus longues.

On aura:

124 acier : 75 cuivre : : 121 : 74.

74	75
496	605
868	847
9176	9075

Cette quantité n'eſt pas encore ſuffiſante : on trouvera enfin qu'en donnant 126 lig. de diſtance, depuis l'angle du couteau, au-deſſus de la traverſe *c*, *d*, & 77 lig. aux regles de cuivre, les produits ſeront très-approchant les mêmes, & par conſéquent la compenſation ſera complette ; ces produits ſont 9324 pour l'acier, & 9317, pour le cuivre.

Deſcription d'un moyen ſimple de compenſer les effets du chaud & du froid, dans une Horloge à Pendule.

834. La fig. 4, Planche XI, repréſente la conſtruction que l'on peut employer dans un court Pendule, pour produire la correction des effets du chaud & du froid, en ſe ſervant d'une ſimple verge, pour former le Pendule; *A*, *B* eſt la verge du Pendule; le bout *A* eſt attaché par 2 chevilles, à une pièce *D*, faite en fourchette, laquelle eſt portée par la traverſe *a*, *b* de la ſuſpenſion à reſſort, *a*, *b*, *c*, *d* : le bout inférieur *B* de la verge, eſt taraudé pour recevoir l'écrou, ſur lequel appuie la lentille *C*, *C* : les bouts ſupérieurs *e*, *f* des reſſorts de ſuſpenſion *e*, *g*, *f*, *h* ſont attachés à la traverſe *c*, *d*. Ces reſſorts paſſent bien juſte dans une fente *E*, du pont *E*, *F*. Ce pont eſt attaché ſur la plaque de cuivre *G*, *H*, laquelle doit porter le méchaniſme de compenſation, & de plus, le mouvement de l'Horloge, lequel n'eſt pas ici repréſenté ; mais ce peut être le même, vu fig. 2 & 3.

835. La traverſe *c*, *d*, des reſſorts de ſuſpenſion, porte

au milieu de ſa longueur la cheville *i*, laquelle appuyé par les deux bouts, ſur le bout *I* du levier d'acier *I*, *K*, *L*, mobile en *k*. Le bout *I* de ce levier, eſt fait en fourchette, pour embraſſer la traverſe *c*, *d* de ſuſpenſion. La partie du centre *K*, entre dans la fente du talon *M*, formée ſur le pont *E*, *F* : la cheville *k* traverſe le talon fendu *M*, & le levier, ce qui forme le centre de mouvement de ce levier. Le bout *L* du levier, paſſe dans la fente de la verge ou tringle d'acier *N*, *O*, le bout *N* de la tringle, porte une cheville, ſur laquelle appuie le bras *L* du levier *I*, *K*, *L*; le bout inférieur *O* de la tringle *N*, *O*, eſt fixé par une cheville 1, ſur la traverſe *P*, *P* du chaſſis de compenſation, & le bout ſupérieur paſſe librement dans un trou fait à la traverſe *Q*, *Q* du même chaſſis de compenſation: les tringles de cuivre *R*, *S*; *R*, *S* ſont fixés par les chevilles 2, 3, par en-bas à la traverſe *P*, *P*, & par leurs bouts ſupérieurs à la traverſe *Q*, *Q*, par les chevilles 4 & 5.

836. Cette diſpoſition bien entendue, on voit que lorſque la chaleur dilate la verge *A*, *B* du Pendule, & tend à faire retarder l'Horloge, la même chaleur dilate auſſi les tringles *N*, *O*; *R*, *S*; *R*, *S* du chaſſis de compenſation; mais comme le cuivre ſe dilate plus que l'acier, dans le rapport de 121 à 74 (*a*). La traverſe *P*, *P* s'éloigne de celle de *Q*, *Q*, enſorte que le point *L* du levier *I*, *K*, *L* deſcend, tandis que celui *I* remonte, ce qui raccourcit le Pendule; & ici par les dimenſions données, le point *i* remonte exactement de la quantité dont la chaleur a dilaté la Pendule: mais dans le cas où la compenſation ne ſeroit pas jugée exacte d'après des épreuves ſûres, on peut trouver la compenſation, en approchant ou en écartant le chaſſis du centre de mouvement *k* du levier de compenſation; c'eſt à cet uſage que ſont deſtinées les fentes 6 & 7, pratiquées à la traverſe *Q*, *Q* du chaſſis; cette traverſe eſt attachée par les vis 6, 7, ſur la barre *E*, *T* du pont de ſuſpenſion *E*, *T*, *F*.

(*a*) *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n°1696.

CHAPITRE XII.

Dimenſions de différents rouages de Pendules à ſecondes ; à équation, à ſonnerie d'heures, & quarts à chaque quarts, &c. les nombres des dents des roues & des pignons, & une notion de la diſpoſition des principales parties de ces machines.

837. J'AUROIS deſiré de pouvoir ajouter à la fin de cet Ouvrage, les plans de diverſes Pendules à ſecondes à équation, &c. telles que j'en ai exécuté pluſieurs pour divers Amateurs, perſuadé que cela eut été intéreſſant pour beaucour d'Artiſtes, qui n'ont pas connoiſſance de ces ſortes de machines. J'ai été forcé de renoncer à ce deſſein, à cauſe du grand nombre de Planches qu'il eût été néceſſaire de faire graver ; mais je puis ſuppléer en partie à cet objet, en donnant ici les dimenſions de pluſieurs rouages, & les nombres des dents des roues & des pignons ; cela évitera à quelques ouvriers, la peine de chercher ces nombres, lorſqu'ils voudront entreprendre de telles Pendules.

ARTICLE I.

Dimenſions du rouage d'une Pendule à ſecondes & à équation, allant un mois ſans être remontée, le mouvement à poids ; la ſonnerie à reſſort, les heures, les minutes & les ſecondes concentriques au cadran ; avec les nombres des dents des roues & des pignons.

838. Les platines qui forment la cage de cette Pendule ſont quarrées, elles ont 6 pouces 4 lig. de largeur,

leur hauteur eſt de 6 pouces ; la diſpoſition des roues qui ſont contenues dans cette cage eſt à peu-près le même, que celle de la Pendule à ſecondes, repréſentée Planche II, fig. 2, de l'*Eſſai ſur l'Horlogerie.* Et la diſpoſition des roues de cadrature ou d'équation, eſt la même vue Planche XI, fig. 1 du même ouvrage; j'employerai ici les mêmes lettres de ces figures, pour déſigner les roues de la Pendule, dont je vais donner les dimenſions.

1°. *Rouage du mouvement, vu Planche II, fig. 2 de l'Eſſai ſur l'Horlogerie.*

La fig. 2, fait voir le dedans de la platine des piliers.

839. La roue de cylindre *A, a*, 31 lig. de diamètre, & 1 lig. $\frac{1}{2}$ d'épaiſſeur, & 90 dents; elle engrene dans le pignon *a* de grande roue moyenne qui a 14 dents.

840. La grande roue moyenne *B* a 22 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, 0 lig. $\frac{10}{12}$ d'épaiſſeur, & 90 dents; elle engrene dans le pignon *b* de 10 dents.

841. La roue *C*, fait un tour par heure, elle a 20 lig. de diamètre, demi-ligne d'épaiſſeur, & 80 dents; elle engrene dans le pignon *c* de la roue moyenne; ce pignon a 10 dents, & paſſe en dehors de la platine des piliers pour conduire la roue de minute.

842. La roue moyenne *D*, a 18 lignes $\frac{1}{3}$ de diamètre, 0 lig. $\frac{5}{12}$ d'épaiſſeur, & 75 dents; elle engrene dans le pignon *d* de ſeconde, lequel a 10 dents.

843. La roue d'échappement, ou de ſeconde *E*, a 16 $\frac{3}{4}$ lig. de diamètre, 0 lig. $\frac{4}{12}$ d'épaiſſeur, & 30 dents; elle fait un tour par minute. Cette roue eſt placée au milieu de la largeur de la platine, & elle eſt élevée de 3 pouces 2 lig. du bas de la platine.

844. Dans la ligne verticale *n* du milieu de la platine, eſt placé le centre de l'ancre d'échappement : le centre de

l'ancre peut être diſtant de celui de la roue d'échappement d'un diamètre & demi de cette roue, ou ce qui revient au même de 3 fois le rayon, qui eſt ici de 8 lig. $\frac{3}{4}$. La diſtance des centres de la roue & de l'ancre eſt donc de 25 lig. $\frac{1}{8}$.

845. La diſtance que nous donnerons ici, eſt donnée d'après la régle ordinaire, pour faire décrire de petits arcs d'un degré, au Pendule. Voy. *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 598. Mais comme je préfere que le Pendule décrive des arcs de 2 degrés, je place en conſéquence le centre de l'ancre de 21 lig. au-deſſus de celui de la roue de ſecondes.

2°. *Roues de cadrature, ou minuteries & d'équation, Planche II, fig. 1, de l'Eſſai ſur l'Horlogerie.*

846. La roue de minute *M*, fig. 1, a 18 lignes de diamètre, elle eſt conduite par le pignon de la roue moyenne prolongé en dehors de la platine des piliers, & dont le pivot roule dans le pont *P* : cette roue porte à frottement la roue *m*, rivée ſur un canon qui roule ſur un pont fixé à la platine : & au-dedans duquel paſſe la tige de ſeconde ; la roue de *conduite m*, a 9 lig. $\frac{7}{12}$ de diamètre & 36 dents. Son canon porte l'aiguille du *temps moyen*.

847. La roue de conduite *m*, Planche XI, fig. 1, engrene dans la roue d'équation *n*, laquelle a 19 lig. $\frac{2}{12}$ de diamètre, & 72 dents ; cette roue eſt rivée ſur un canon qui roule librement ſur l'axe du pignon *t*.

848. La roue de conduite ou d'équation *n*, engrene dans la roue *o* ; cette roue *o* a 9 lig. $\frac{7}{12}$ de diamètre, & 36 dents ; elle eſt rivée ſur un canon qui porte fixement la roue *p*, l'une & l'autre roulent ſur une broche portée par le bras *I* mobile, concentriquement au pignon *t*.

849. La roue *p* a 14 lig. $\frac{5}{12}$ de diamètre, & 60 dents. Cette roue engrene dans la roue *g* de même diamètre, & même nombre de dents que celle *p*.

850. La roue *q* eſt rivée ſur l'axe du pignon *t*. Ce pignon a 8 dents, & engrene dans la roue de cadran, laquelle a 26 lig. $\frac{2}{12}$ de diamètre, & 96 dents. Le canon prolongé de cette roue porte l'aiguille des heures.

851. La roue *q* engrene dans la roue *v*, *v*, qui fait un tour par heure; cette roue a comme celle *p*, & celle *q*, 14 lig. $\frac{5}{12}$ de diamètre, & 60 dents. Elle eſt rivée ſur un canon qui roule librement ſur le canon de la roue de minutes *m*, *m*.

852. Le canon prolongé de la roue *v*, *v*, porte l'aiguille du *temps vrai V*.

853. La roue ou pignon de rateau *H*, a 7 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, & 47 dents, & le rateau *L*, *R*, qui le mene a 27 lig. $\frac{8}{12}$ de rayon, & fendu ſur le nombre 360.

Je puis me diſpenſer d'expliquer ici les effets de l'équation; on les trouve détaillés, *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 218 & ſuivant : la manière d'exécuter la courbe d'équation, eſt décrite n° 330 & ſuiv. du même Ouvrage.

3°. *Rouage de la ſonnerie, Planche II, fig. 2 de l'Eſſai ſur l'Horlogerie.*

854. La roue de barillet *T*, a 35 lig. de diamètre, 2 lig. d'épaiſſeur, & 84 dents; elle engrene dans le pignon, déſigné 13; ſur l'axe duquel eſt rivée la roue *V*; & le pivot prolongé de cet axe, eſt terminé en quarré, pour porter la roue de compte *Q*, *Q*. Ce pignon a 14 dents.

855. La roue *V* a 24 lig. de diamètre, 1 lig. d'épaiſſeur, 90 dents; elle engrene dans le pignon déſigné par le chiffre 14, ſur le plan; ce pignon a 8 dents.

856. La roue de cheville *X*, a 18 lig. de diamètre; elle a 0 lig. $\frac{9}{12}$ d'épaiſſeur, & 84 dents. Elle porte 16 chevilles, pour faire frapper au marteau les heures & les demies : cette

cette roue engrene dans le pignon désigné par le chiffre 15, de la roue d'*arrêt* *Y*; ce pignon a 8 dents.

857. La roue d'arrêt *Y*, a 15 lig. de diamètre; son épaisseur est de 0 lig. $\frac{6}{12}$, elle a 72 dents : cette roue porte deux chevilles pour arrêter la sonnerie, lorsque les heures sont frappées, au moyen de la détente ; elle engrene dans le pignon de la roue de volan *Z* : ce pignon a 6 dents.

858. La roue de volan *Z*, a 14 lig. de diamètre, son épaisseur est de $\frac{1}{2}$ ligne ; elle a 66 dents, & engrene dans le pignon 6 de volan.

859. Pendant que la roue de compte *Q*, *Q*, fait un tour, la roue de cheville *X* en fait 11 $\frac{2}{8}$, puisque le nombre 8 des dents du pignon de cette roue est contenu 11 fois $\frac{2}{8}$, dans le nombre 90 des dents de la roue *V*, qui porte la roue de compte; or, la roue *X*, porte 16 chevilles, qui, multipliés par 11 $\frac{1}{4}$ = 11 $\frac{2}{8}$, donnent 180 coups, que doit frapper le marteau pendant la révolution de la roue de compte; d'où il suit que celle-ci fait un tour en 24 heures, nombres des heures & des demies sonnées. Il faut donc que la roue de compte soit taillée sur le nombre 180 de l'outil à fendre : ainsi, elle contiendra 2 fois les entailles des roues de compte ordinaires, c'est-à-dire, deux fois 12 heures, deux fois 1 heure & les demies, &c.

860. Dans la Pendule à équation, dont je viens de donner une notion : la roue annuelle est concentrique au cadran; elle est portée par un canon attaché en dehors de la fausse plaque, & aux travers duquel passent les canons des aiguilles du temps moyen, du temps vrai, celui des heures, & la tige de secondes : ainsi, la roue annuelle est placée entre la fausse plaque, & le dessous du cadran qui est d'émail.

861. La roue annuelle a 6 pouces 9 lig. de diamètre, & environ $\frac{3}{4}$ de lig. d'épaisseur; elle a 365 dents qui sont fendues à rochet ; au-dessous de la roue annuelle est fixée l'ellipse ou courbe d'équation, sur laquelle agit une cheville portée par un bras fixé au canon du rateau.

862. Sur les dents de la roue annuelle *AA*, (Planche XI, fig. 1 de l'*Essai sur l'Horlogerie*, agit un fort ressort à sautoir *S*, qui fixe la roue, laquelle ne doit avancer que d'une dent en 24 heures.

863. Pour faire mouvoir ou tourner la roue annuelle, j'emploie un moyen fort simple; c'est celui d'une palette *P*, laquelle est portée par l'axe d'un pignon de 14 dents; ce pignon engrene dans la roue de barillet de sonnerie, & comme ce pignon est de même grandeur, & de même diamètre que celui de la roue de compte, il s'ensuit qu'il fait un tour en 24 heures, pendant laquelle révolution la palette *P* fait avancer la roue annuelle d'une dent.

864. Le cadran de cette Pendule a 8 pouces de diamètre, il est d'émail, & porte une ouverture à travers de laquelle paroissent les quantièmes du mois, & les mois de l'année, lesquels sont peint sur un cercle d'émail porté par la roue annuelle.

865. Le barillet de sonnerie fait un tour en 6 jours; ainsi six jours du ressort feront marcher la sonnerie pendant 36 jours; le ressort doit faire 8 tours $\frac{1}{2}$, afin de n'être pas trop fort & sujet à casser.

866. La roue de cylindre du mouvement fait un tour en 57 heures $\frac{6}{7}$; ainsi le cylindre ayant 14 tours de corde, la Pendule marchera pendant 33 jours 18 heures, sans être remontée : nous allons chercher le diamètre que doit avoir le cylindre.

867. Supposons que la hauteur de la boîte qui contient le mouvement de la Pendule, soit telle que depuis le dessous de la cage & du support auquel ce mouvement est attaché, il y ait 5 pieds de hauteur au-dessus du bas de la boîte; supposons de plus, que la longueur du poids & de la poulie qui le porte, soit de 12 pouces; il restera 4 pieds = 48 pouces pour la descente du poids; c'est d'après cette descente que l'on doit régler le diamètre du cylindre, sur lequel la corde du poids agit.

868. Le poids étant mouflé, ainsi que cela doit être,

on a pour la longueur de la corde, deux fois la deſcente du poids, ce qui donne 8 pieds de corde $= 96$ pouces; laquelle longueur étant diviſée par 14 tours de la roue de cylindre, pour que la Pendule marche 33 jours $\frac{3}{4}$, ſans être remontée, on a 6 pouces $=$ 82 lig. $\frac{2}{7}$; on fera donc la proportion (*a*), $355 : 113 :: 82$ lig. $: x = 26$ lig. $\frac{68}{355}$. On trouve que le diamètre du cylindre doit être de 26 lig. $\frac{1}{2}$; mais on doit le tenir de 25 lig. $\frac{3}{4}$, ſeulement à cauſe de la groſſeur de la corde qui augmente ſon diamètre, en ſuppoſant même le cylindre cannelé, pour loger la corde.

869. Pour faire marcher la Pendule, pendant qu'on la remonte, il faut placer entre la première roue , & le cylindre, le rochet, & le reſſort auxiliaire, tels que je les emploie dans mes Horloges à Longitude. Voyez-en la diſpoſition, *Traité des Horloges Marines*, Planche XV , fig. 6, 7, 8, & la deſcription n° 681, 811 & ſuivans du même Ouvrage.

4°. *Diſpoſition du Pendule, ou régulateur, & élévation ou profil de l'Horloge à équation.*

870. Le régulateur que j'ai employé dans mes Horloges à équation, eſt un Pendule compoſé à chaſſis, tel qu'il eſt repréſenté Planche XXVIII, fig. 1, de l'*Eſſai ſur l'Horlogerie*, & décrit n° 2030 du même Ouvrage. Il eſt de même ſuſpendu par un couteau, & ſoutenu par un fort ſupport de cuivre ou eſpèce de cage qui s'attache au fond de la boîte par 4 fortes vis; la même cage ou ſupport porte deux bras de cuivre, ſur leſquels on fixe le mouvement par deux vis, & de manière que l'on peut démonter le mouvement, ſans déranger le Pendule. Voy. *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 2030 & 2037 & ſuivans, toute la diſpoſition du Pendule, &c. des Horloges aſtronomiques.

871. Le centre de l'ancre d'échappement doit être parfaitement placé à la même hauteur, & dans la direction

même de l'angle du couteau : ainſi la grandeur de la cage ou ſupport du mouvement, & de la ſuſpenſion du Pendule, doit être réglé ſur l'élévation du centre de l'ancre, au-deſſus du bord inférieur de la cage du rouage, afin que le centre de mouvement du Pendule, ſoit exactement la même que celui de l'ancre d'échappement.

872. Les bras de la cage de cuivre, qui porte le mouvement, ont 6 pouces $\frac{1}{2}$ de haut.

873. Le centre du mouvement de la ſuſpenſion eſt élevé de 20 lig. au-deſſus du fond de la boîte.

874. Le pont de l'ancre d'échappement a 14 lig. de haut.

875. Les piliers de la cage du rouage de l'Horloge, ont 18 lig. $\frac{1}{2}$ de hauteur.

876. Les piliers de la fauſſe plaque, ont 12 lig. de hauteur.

877. Le pont de ſecondes doit avoir un canon d'acier, dont la baſe s'attache au dehors de la platine des piliers; c'eſt ſur ce canon que roule le canon de la roue de minutes; le canon du pont de ſecondes, doit avoir 17 lig. de hauteur, c'eſt à travers ce canon, que paſſe la tige de ſecondes; pour porter l'aiguille; la groſſeur de ce canon, eſt de 1 ligne $\frac{4}{12}$.

878. Le pivot de la roue de ſecondes, ne doit pas rouler dans le trou de la platine; cela rendroit ce pivot trop long, & par conſéquent trop gros; il vaut mieux le faire rouler dans le trou d'un bouchon ajuſté à force ſur le bout du canon d'acier du pont de ſecondes.

879. Le canon de la roue de minutes du temps moyen, doit avoir 2 lig. de diamètre, & celui du temps vrai, doit avoir 2 lig. $\frac{9}{12}$.

880. Les canons des roues de minutes & de cadran, doivent être élevés de 22 lig. au-deſſus de la platine des piliers qui les porte : avec cette longueur des canons, on ſera aſſûré de trouver celle qui eſt requiſe pour ajuſter les aiguilles; la courbure que le cadran doit avoir pour loger

l'ellipse, la roue annuelle, & le cercle d'émail des mois, augmente beaucoup les longueurs des canons des minutes.

881. La plaque d'acier portée par le pignon du rateau d'équation, doit etre élevée de 2 lig. $\frac{1}{4}$ au-dessus de la platine; & la roue de minutes, que mene le pignon de la roue moyenne, doit avoir la même élévation. Cette hauteur est nécessaire pour former un ajustement précis au pignon de rateau. Voy. *Essai sur l'Horlogerie*, nos 221, 225, 226, l'ajustement de ce pignon du rateau, auquel est représenté Planche XI, fig. 1, 2, 4, & 7 du même Ouvrage.

ARTICLE II.

Dimensions & nombres des dents, des roues & des pignons du rouage d'une petite Pendule de cheminée à secondes & à équation, à ressort & à fusée, sans sonnerie : Pendule composé à demi-seconde, les heures, les minutes & les secondes, sont concentriques au cadran.

882. Les platines qui contiennent le rouage de cette petite Horloge sont rondes, elles ont 4 pouces 6 lig. de diamètre. La hauteur des piliers est de 16 lig.

883. La roue de fusée à 26 lig. $\frac{1}{4}$ de diamètre, & 128 dents; elle fait un tour en 3 jours, ainsi, la fusée ayant 11 tours de chaîne, la Pendule marchera 33 jours sans être remontée.

884. Entre la fusée & la roue de fusée, est placé le ressort auxiliaire, & le rochet d'encliquetage, qui sert à faire marcher l'Horloge, pendant qu'on la remonte ; ce rochet auxiliaire a 120 dents, qui au lieu d'être à rochet, sont arrondis à l'ordinaire, parce que je l'ai fait servir ici à un double usage. C'est de conduire la roue annuelle ; pour cet effet, le rochet auxiliaire engrene dans une petite roue de 40 dents, laquelle fait un tour en 24 heures ; l'axe de

cette roue porte une palette qui, à chaque révolution de la roue de 40 dents, fait avancer une dent de la roue annuelle, de 365 dents fendues à rochet, & maintenue par un reſſort à ſautoir, de la même manière que je l'ai expliqué pour la grande Pendule à équation de l'article précédent.

885. La roue annuelle a 3 pouces 9 lig. de diamètre; elle eſt portée par un canon attaché au-dehors de la fauſſe plaque, ſous le cadran qui eſt d'émail. Sur la roue annuelle ſont gravés les mois de l'année, & leurs quantièmes, qui paroiſſent à travers une ouverture pratiquée à cet effet au haut du cadran.

886. Le barillet a 26 lig. de diamètre, & 14 lig. $\frac{1}{2}$ de haut, il doit paſſer à côté de la fuſée, il n'y a que la roue moyenne qui paſſe au-deſſus du barillet: ſans cela, il auroit toute la hauteur de la cage.

887. La roue de fuſée engrene dans le pignon de la deuxième roue, ou grande roue moyenne; ce pignon a 16 dents.

888. La grande roue moyenne a 21 lig. $\frac{9}{12}$ de diamètre, & 180 dents; elle engrene dans le pignon de la troiſième roue, laquelle fait un tour par heure; ce pignon a 20 dents.

889. La troiſième roue a 19 lig. $\frac{1}{3}$ de diamètre, & 160 dents; elle engrene dans le pignon de la quatrième roue, ou roue moyenne; ce pignon eſt prolongé pour conduire les roues de minutes placé en-dehors de la platine des piliers; le pignon de la roue moyenne a 20 dents.

890. La roue moyenne a 18 lig. $\frac{3}{24}$ de diamètre, & 150 dents; elle engrene dans le pignon de la roue de ſecondes ou d'échappement.

891. La roue d'échappement a 17 lig. de diamètre, elle a 60 dents; cette roue eſt placée en dehors de la ſeconde platine, ainſi que l'ancre d'échappement.

892. L'échappement de cette petite Horloge, eſt à repos, comme celui des grandes Horloges aſtronomiques. Voy. *Eſſai ſur l'Horlogerie*, nº 395, tout ce qui concerne l'exécution de cet échappement.

893. Au lieu de l'échappement à ancre à repos, on peut employer dans une pareille Horloge l'échappement à vibrations libres, décrit ci-devant n° 739 ; lequel est représenté Planche IX, fig. 5.

894. Le Pendule appliqué à cette petite Horloge, est celui composé en tringle, pour la correction des effets du chaud & du froid, la suspension est à couteau fixé solidement au fond de la boîte.

De la cadrature ou rouage formant les minuteries à l'équation.

895. La construction de l'équation, étant ici la même que celle de l'article précédent, je me bornerai à donner les dimensions des roues, & le nombre des dents.

896. La roue des minutes a 18 lig. $\frac{3}{24}$, & 160 dents. Elle est conduite par le pignon prolongé de la roue moyenne.

897. La roue de conduite, portée par la roue de minutes, a 7 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, & 45 dents; elle engrene dans la roue d'équation de 15 lig. diamètre, & 90 dents. Celle ci engrene dans une troisième de 7 lig. $\frac{1}{2}$ diamètre, & 45 dents; cette roue roule sur le bras d'acier du pignon de rateau, elle porte la quatrième roue de cadrature, laquelle a 11 lig. $\frac{1}{3}$ de diamètre, & 66 dents; elle engrene dans la cinquième roue, qui a même diamètre, & même nombre 66; laquelle est fixée sur le pignon qui conduit la roue de cadran; ce pignon a 10 dents, & la roue de cadran 120.

898. Enfin, la cinquième roue engrene dans la roue du temps vrai, qui a aussi 7 lig. $\frac{1}{2}$ de diamètre, & 66 dents.

899. Le pignon de rateau a 4 lig. $\frac{1}{4}$ de diamètre, & 24 dents; le rateau d'équation, qui le conduit a 33 lig. de diamètre = 16 lig. $\frac{10}{12}$ de rayon, il est fendu sur le nombre 180.

900. La hauteur des piliers de la fausse plaque, est de 6 lig. $\frac{1}{2}$.

Remarque.

901. Les pignons de la petite Horloge, dont nous venons de donner les dimenſions, ſont faits à l'outil, ainſi que les dents des roues ; mais ces pignons ſont trop nombrés pour pouvoir les exécuter à la main, ſelon la méthode ordinaire. Voici donc les nombres qu'il faut ſubſtituer pour le rouage, en conſervant les grandeurs données.

Roue de fuſée	112	engrene	pignon	14.
Grande moyenne	108	engrene	pignon	12.
Troiſième roue	96	engrene	pignon	12.
Roue moyenne	90	engrene	pignon	12.

Roue de minute de la cadrature, même nombre que la troiſième roue, c'eſt-à-dire 96.

Les roues de cadrature, les mêmes données ci-deſſus.

ARTICLE III.

Petite Pendule de cheminée à demi-ſeconde & à ſonnerie, allant un mois ſans être remontée, les heures, les minutes & les ſecondes concentriques au cadran.

902. Les platines de rouage de cette Pendule, ſont rondes, elles ont 4 pouces ½ de diamètre ; la hauteur des piliers eſt de 16 lig.

903. Le barillet du mouvement, & celui de ſonnerie, ſont placés dans une ligne horiſontale qui paſſe par le centre de la cage, c'eſt-à-dire, dans la direction même de XI heures, & de III heures du cadran ; & ils ſont placés de ſorte que les roues de barillet affleurent les platines, ſans les déborder : le barillet de ſonnerie, placé du côté de X heures du cadran, & celui du mouvement du côté de III heures. Le rouage de la ſonnerie occupe le haut de la cage, au-deſſus des barillets, & celui du mouvement, occupe le bas de la cage, au-deſſous des barillets.

Dimenſions

Dimensions du Rouage de mouvement.

904. La première roue, ou de barillet, du mouvement a 25 lig. $\frac{1}{3}$ de diametre, & 96 dents; elle engrene dans le pignon de la grande roue moyenne : ce pignon a 12 dents.

905. La seconde roue ou grande moyenne, a 21 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre, & 96 dents; elle engrene dans le pignon de la troisième roue, laquelle fait un tour par heure : ce pignon a 8 dents.

906. La troisième roue a 16 lig. $\frac{5}{12}$ de diametre & 64 dents; elle engrene dans le pignon de la roue moyenne : ce pignon a 8 dents.

907. La quatrième roue ou roue moyenne a 15 lig. $\frac{7}{12}$ de diametre, & 60 dents; elle engrene dans le pignon de la cinquième roue, lequel a 8 dents.

908. La cinquième roue qui est celle de secondes & d'échappement, est placée au centre de la cage; cette roue passe sous les barillets, du côté du dedans de la platine des piliers : la roue d'échappement a 14 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre; elle porte 60 dents fendues à rochet.

909. L'échappement est à ancre & à repos; la tige de l'ancre est placée tout auprès de la roue, afin de faire décrire des arcs au moins de 10 degrés au Pendule; chaque patte de l'ancre est distante du centre d'environ 3 lig., ou ce qui revient au même, l'ancre doit embrasser 7 dents $\frac{1}{2}$ de la roue.

Le Pendule régulateur de cette Horloge, est celui composé à tringles décrit, ci-devant (n° 776); la suspension est à couteau, fixée au fond de la boîte.

Roue de cadrature, ou de minutes, & de cadran.

910. Les roues de minutes ſont placées en dehors de la platine des piliers, ſous la fauſſe-plaque; la roue de minutes conduite par le pignon prolongé de la roue moyenne a 15 lig. $\frac{1}{3}$ de diametre & 64 dents; la roue de *conduite* qu'elle porte a 9 lig. de diametre & 32 dents; cette roue engrene dans la roue de *renvoi* de même diametre & même nombre de dents; cette dernière eſt rivée ſur le pignon 6 qui engrene dans la roue de cadran, laquelle a 16 lignes de diametre, & 72 dents.

Rouage de la Sonnerie.

911. La première roue ou roue de barillet a 25 lig. $\frac{1}{3}$ de diametre & 70 dents, elle engrene dans le pignon de la ſeconde roue; ce pignon a 14 dents; ſon pivot prolongé terminé en quarré, porte la roue de compte, laquelle a 20 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre ; elle eſt fendue ſur le nombre 180; afin de porter chaque heure, & chaque demie deux fois; elle fait donc un tour en 24 heures.

912. La ſeconde roue de ſonnerie eſt rivée ſur le pignon de la roue de compte; cette roue a 17 lig. $\frac{1}{4}$ de diametre, elle a 90 dents, & engrene dans le pignon de la troiſième roue, qui eſt celle de cheville: ce pignon a 8 dents.

913. La roue de cheville a 13 lig. $\frac{10}{12}$ de diametre & 64 dents: elle porte 16 chevilles, & engrene dans le pignon de la quatrième roue; ce pignon a 8 dents.

914. La quatrième roue ou roue d'arrêt a 12 lig. de diametre & 72 dents, elle engrene dans le pignon de la roue de volan; ce pignon a 6 dents.

915. La cinquième roue, ou de volan a 10 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre & 66 dents, elle engrene dans le pignon 6 de volan.

916. Le barillet de ſonnerie fait un tour en 5 jours, ainſi, 6 tours $\frac{1}{5}$ de reſſort, feront marcher la ſonnerie pendant 31 jours : le reſſort devra faire 7 tours $\frac{1}{4}$, afin qu'il reſte aſſez de bande au bas.

917. Le barillet du mouvement fait un tour en 4 jours ; il faut donc 7 tours $\frac{3}{4}$ de reſſort, pour faire marcher l'Horloge pendant 31 jours ; ce reſſort devra faire 9 tours.

REMARQUE.

918. On peut adapter, comme je l'ai fait, au mouvement de l'Horloge que nous venons de décrire, deux ſortes de conſtructions d'équation ; la première que j'employai étoit à cadran mobile, telle qu'elle eſt décrite *Eſſai ſur l'Horlogerie*, n° 238. La ſeconde eſt l'équation à deux aiguilles, décrite n° 218 du même ouvrage. Dans cette dernière conſtruction, les roues de cadrature d'équation ont les mêmes dimenſions que celles que j'ai données ci-devant, ART. II, (n° 895). Dans l'une & l'autre conſtruction, la roue annuelle a 365 dents fendue à rochet, & rendue concentrique au cadran.

ARTICLE IV.

Dimenſions, &c. du mouvement d'une Pendule à ſecondes à reſſort & à fuſée, ſonnant les heures & les quarts, à chaque quart, allant un mois ſans remonter.

919. Cette Pendule eſt composée de 3 rouages particuliers, placés dans la même cage : 1° le rouage du *mouvement*, qui ſert à la conduite des aiguilles, & à la meſure du temps : 2° le roua e de la ſonnerie des heures : 3° le rouage de la ſonnerie des quarts.

920. Les platines ſont rondes, elles ont 8 pouces de diametre ; les piliers ont 18 lig. $\frac{1}{2}$ de hauteur.

Rouage du mouvement.

921. La roue de fuſée eſt placée en bas de la cage ; ſur la ligne de VI & de XII heures du cadran ; le barillet eſt placé à côté : cette roue a 31 lig. de diametre & 98 dents. Elle porte un rochet & un reſſort auxiliaire pour faire marcher l'Horloge pendant qu'on la remonte.

922. La roue de fuſée engrene dans le pignon de la grande roue moyenne ; ce pignon a 14 dents ; la ſeconde roue ou grande moyenne a 23 lig. de diametre & 96 dents , elle engrene dans le pignon de la troiſième roue , laquelle fait un tour par heure : ce pignon a 8 dents.

923. La troiſième roue a 18 lig. $\frac{2}{3}$ de diametre & 64 dents ; elle engrene dans le pignon de la roue moyenne : ce pignon eſt prolongé, & paſſe en dehors de la platine des piliers, pour conduire la roue de minutes ; ce pignon a 8 dents.

924. La quatrième roue ou roue moyenne a 17 lig. de diametre & 60 dents, elle engrene dans le pignon de ſecondes, ſur l'axe duquel eſt fixée la roue de ſecondes ou d'échappement : cette dernière roue eſt placée au centre de la cage, elle a 16 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre & 60 dents.

925. L'échappement eſt à repos : le Pendule fait deux vibrations par ſeconde, &c.

Effets des ſonneries d'heures & de quarts.

926. Cette Pendule ſonne les heures & les quarts à

chaque quart ; & à l'heure elle ne ſonne pas de quarts, mais ſeulement l'heure ; deux rouages produiſent la ſonnerie des heures & des quarts ; le premier rouage eſt celui de la ſonnerie des heures, laquelle ne ſonne que les heures & le ſecond rouage ſonne les quarts qui ſont à doubles coups, comme dans une répétition : ces doubles coups ſont frappés par deux marteaux de la ſonnerie des quarts : les heures ſont frappées par un ſeul marteau du rouage de la ſonnerie des heures. Il faut donc que pendant 12 heures que la roue de compte reſte à faire un tour, ce marteau frappe 4 fois 78 coups, c'eſt-à-dire, 312 coups : la roue de compte porte 36 chevilles qui ſervent à élever une détente, pour dégager la ſonnerie des quarts, auſſitôt que l'heure eſt ſonnée ; à ce moment les quarts ſont répétés : la ſonnerie des quarts frappe 6 doubles coups par heure, ce qui n'exige que 6 chevilles par heure, parce que les mêmes chevilles font frapper les doubles coups par deux marteaux : les détentes de la ſonnerie ſont diſpoſées à la manière ordinaire ; la roue de minute porte 4 chevilles, afin de faire ſonner l'heure 4 fois par heure.

Sonnerie des heures.

927. La roue de barillet de ſonnerie des heures a 3 pouces de diametre & 96 dents ; elle engrene dans le pignon qui porte la roue de compte ; ce pignon a 12 dents : ſur ce pignon eſt rivée la ſeconde roue.

928. La ſeconde roue dont l'axe porte la roue de compte a 33 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre & 104 dents ; elle engrene dans le pignon de la roue de cheville, qui a 8 dents.

929. La troiſième roue ou de cheville a 22 lig. $\frac{1}{2}$ de diametre & 96 dents : elle porte 24 chevilles, d'où l'on voit que le marteau doit frapper 312 coups pendant une révolution de la roue de compte, car 8, nombres de dents du pignon de cheville, eſt

contenu 13 fois dans le nombre 104 des dents de la seconde roue, qui porte la roue de compte. Or, 13 multipliés par 24 donnent 312.

La roue de cheville engrene dans le pignon de la roue d'arrêt, lequel a 8 dents.

930. La quatrième roue ou d'arrêt a 14 lig. ½ de diametre & 72 dents : elle porte deux chevilles pour l'arrêt de la détente ; cette roue fait un tour pendant que le marteau frappe deux coups.

931. La roue d'arrêt engrene dans le pignon de la roue de volan; c pignon a 6 dents : la roue de volan a 12 lig. de diametre & 60 dents, elle engrene dans le pignon de volan, lequel a 6 dents.

Sonnerie des quarts.

932. La roue de barillet de la sonnerie des quarts a 3 pouces de diametre & 84 dents; elle engrene dans le pignon de la seconde roue, lequel a 14 dents.

933. La seconde roue a 21 lig. ⅓ de diametre & 72 dents, elle engrene dans le pignon de la roue de cheville; ce pignon a 8 dents; son axe prolongé, porte la roue de compte des quarts.

934. La troisième roue ou de cheville a 17 lig. ¾ de diametre & 72 dents, elle porte 12 chevilles, ainsi elle fait un tour en 2 heures, puisque, comme on l'a vu, il ne se frappe que 6 coups de marteaux des quarts par heure : cette roue engrene dans le pignon de la roue d'arrêt qui a 6 dents.

935. La roue d'arrêt a 14 lig. de diametre & 60 dents; elle engrene dans le pignon de la roue de volan qui a 6 dents.

936. La roue de volan a 12 lig. de diametre & 54 dents, elle engrene dans le pignon de volan de 6 dents.

937. La roue de barillet de la fonnerie des quarts, fait un tour en 108 heures = 4 jours $\frac{1}{2}$; ainfi 6 tours $\frac{8}{9}$ de reffort, feront marcher la fonnerie pendant 31 jours; ce reffort doit donc faire 8 tours au moins.

938. La roue de barillet de la fonnerie des heures, fait un tour en 4 jours; 7 tours $\frac{3}{4}$ de reffort, feront marcher la fonnerie pendant 31 jours : ce reffort doit faire 8 tours.

939. La roue de fufée fait un tour en 84 heures = 3 jours $\frac{1}{2}$, ainfi 8 tours $\frac{6}{7}$ de la fufée, feront marcher l'Horloge pendant 31 jours : cette fufée doit faire 10 tours.

Fin de la feconde Partie.

ADDITIONS A LA PREMIERE PARTIE

OU SUPPLÉMENT AU TRAITÉ DES HORLOGES MARINES.

ARTICLE PREMIER.

Dans les petites Horloges à Longitudes, à vibrations promptes & balancier léger, il est préférable de faire rouler la pointe de l'axe de balancier sur un diamant, plutôt que d'employer un ressort, pour suspendre le balancier.

940. AVANT de terminer cet ouvrage, je crois devoir rendre compte d'un changement utile, que je viens de faire à ma petite Horloge à Longitude, n° 1, à ressort, décrite Chapitre IX, n° 226 & suiv. C'est celui de supprimer le ressort de suspension du balancier, pour substituer un diamant, sur lequel roule la pointe de l'axe de balancier, ainsi que je l'ai fait dans ma première Montre Marine, ou n° 3 (*a*), & dans la petite Horloge, n° 36 (*b*) : ce qui a donné lieu à ce changement, est l'accident arrivé au ressort de suspension du balancier de la petite Horloge, n° 1, dans la campagne qu'elle a faite, sous la conduite de *M. le Comte de Chasteney-Puisegur* *. Ce ressort de suspension fut cassé par une forte agitation du vaisseau : c'est pour prévenir un tel accident, que je viens de supprimer le ressort de suspension de cette machine, & que j'ai adapté un diamant parfaitement plan & poli, sur lequel roule la pointe de l'axe

(*a*) Voy. *Traité des Horloges Marines*, n° 560.
(*b*) *Voy.* ci-devant, n° 293 & 296.
* *Voy.* n° 247.

de

de balancier, correction qui m'a très-bien réussi, car le balancier décrit les mêmes arcs que ceux qu'il parcouroit lorsqu'il étoit suspendu par un ressort; & d'ailleurs, par diverses expériences que j'ai faites depuis quelque tems, avec ma première Montre Marine ou n° 3, j'ai reconnu qu'en faisant marcher cette machine horisontalement, la pointe de l'axe, du balancier roulant sur un rubis, les arcs n'ont éprouvé aucun changement par le frottement de la pointe de l'axe, quoique le balancier pese 105 grains, tandis que celui de la petite Horloge, n° 1, ne pese que 75 grains $\frac{1}{4}$, (n° 274). C'est d'après ces expériences que je vais travailler à faire la même correction aux petites Horloges, n° XXVII : XXVIII, &c. machines dont le balancier fait 6 vibrations par seconde, & ne pese que 60 grains, (voy. ci-devant, n° 280, 292).

941. Par la correction dont je viens de rendre compte, les petites *Horloges à Longitudes*, n° 1, n° XXVII, &c. seront infiniment plus propres à servir en tems de guerre, & elles rempliront mieux les usages auxquelles je les avois destinées, qui étoit de servir également à terre, & dans le vaisseau (*a*), (voy. ci-devant, n° 247).

942. De tout ce qui précede, il s'ensuit que l'on ne doit faire usage d'un ressort pour suspendre le balancier, que dans les Horloges qui ont un grand balancier pesant, à vibrations à demi-seconde, comme le font les Horloges, n° 8 à poids, &c. n° XXIV & XXV, à ressort, &c.

(*a*) Pour rendre le frottement de la pointe de l'axe plus constant, il est important que cette pointe soit de la plus forte trempe, & le diamant parfaitement poli.

ARTICLE II.

Pour faciliter les épreuves de l'iſochroniſme du ſpiral, il faut que le bras de la boîte de compenſation porté par l'axe du pince-ſpiral, puiſſe tourner ſéparément du bras qui porte la boîte du pince-ſpiral.

943. L'AXE de la pièce que j'ai appellée *pince-ſpiral*, & dont l'office opère la correction des effets du chaud & du froid, porte deux bras oppoſés; le premier bras porte une boîte, dont le bout eſt fendu pour le paſſage du ſpiral; l'autre bras porte la boîte ſur laquelle agit la lame compoſée, où le lévier conduit par le chaſſis, (nº 177): dans la plûpart de mes Horloges, l'axe & les deux bras du pince-ſpiral, ſont formés d'une ſeule pièce; mais j'ai reconnu par l'uſage que cette diſpoſition, quoique plus ſimple, n'eſt pas auſſi commode, lorſque l'on travaille aux épreuves, ſervant à trouver le point par lequel un ſpiral eſt iſochrone : parce que, pour allonger ou raccourcir le ſpiral, on eſt obligé de le faire par le piton, ce qui devient pénible. D'ailleurs, lorſqu'il n'y a que des petites quantités à changer pour la longueur du ſpiral, on ne peut pas le faire ſi sûrement; c'eſt par cette raiſon, qu'il eſt préférable de faire tourner à frottement le bras qui porte la boîte de compenſation, & d'ajuſter ce bras avec une vis de preſſion, qui agiſſe ſur l'axe du pince-ſpiral. C'eſt de cette manière que j'ai diſpoſé celui de la petite Horloge, nº 36; & comme en décrivant cette machine, j'ai oublié de parler de cette diſpoſition, ce que je viens de dire, doit y ſuppléer.

ARTICLE III.

Conſtruction à employer pour éviter de démonter le piton de ſpiral, lorſqu'on nétoie une Horloge.

944. J'AI fait obſerver, n° 547, qu'en démontant le piton de ſpiral, pour nétoyer l'Horloge, il arrivoit ſouvent, qu'en remontant l'Horloge, les oſcillations ne ſont plus iſochrones, effet qui eſt particulièrement cauſé par le dérangement du piton : or, pour éviter cet effet très-nuiſible, il eſt néceſſaire en conſtruiſant une Horloge, de ne pas fixer le piton immédiatement ſur la platine; mais de fixer un pont ſur la platine attaché par une vis & deux pieds : c'eſt ſur ce pont que le piton doit être fixé : telle eſt la diſpoſition que j'ai employé dans les Horloges, n° 1 à reſſort, n° XXVII & n° 36. Voy. Planche III, fig. 3, dont *E*, *F*, *V*, repréſente ce pont. Lors donc que l'on démonte l'Horloge, pour la nétoyer, on laiſſe le piton attaché au pont, & on démonte le pont *E*, *V*, lequel porte avec lui le piton & le ſpiral. Et comme ce pont eſt rendu fixe par des pieds bien ajuſtés, on eſt aſſuré que le ſpiral ne peut éprouver aucun dérangement, & qu'il conſerve ſon même état de liberté.

ARTICLE IV.

Dans les petites Horloges ou Montres à Longitudes, à vibrations promptes, dont le balancier eſt léger, & tourne entre des rouleaux, il eſt préférable de rendre ces machines verticales.

945. 1°. En adoptant la poſition verticale, on évite le travail aſſez conſidérable du reſſort de ſuſpenſion du balancier, & la machine eſt expoſée à moins d'accidens.

946. 2°. Parce que le poids du balancier étant soutenu par les rouleaux, le frottement qu'il éprouve sera plus sûrement & plus constamment le même, que lorsqu'il est soutenu par sa pointe, qui, à la longue, peut s'émousser ou s'user.

947. 3°. Parce que la suspension de l'Horloge sera beaucoup plus simple & moins coûteuse, que ne l'est la suspension de l'Horloge, qui est horisontale.

948. 4°. Dans la position verticale de l'Horloge, les portées des pivots, tant des rouleaux que du rouage, n'éprouvent que fort peu de frottement, & dès-lors, les coquerets employés à ces pivots, lorsque l'Horloge est horisontale, deviennent inutiles, ce qui est une diminution de travail.

949. 5°. Dans la position verticale, l'axe de balancier porte constamment sur les rouleaux inférieurs, & par conséquent l'engrenement de l'échappement est toujours le même, & ses effets plus assurés.

950. 6°. Une petite Horloge ou Montre verticale (*a*), peut au besoin être portée par l'observateur, dans la poche de sa veste, sans difficulté, lorsqu'il veut la transporter d'un lieu à l'autre.

ARTICLE V.

Les Montres à Longitudes portatives, décrites Chapitres XII & XIII, Première Partie, doivent être maintenues autant qu'il est possible, dans la même position verticale.

951. DANS la description que j'ai donnée de ma première Montre à Longitudes portative, j'ai oublié de dire que

(*a*) C'est d'après les motifs que je viens d'énoncer que je commençai en Janvier 1781, une grosse Monrre à Longitudes, portative & verticale, comme l'est ma première Montre Marine : cette machine est en mer, & j'espere qu'elle remplira les vues que je me suis proposées. Les figures 4 & 5, Planche III, représentent la disposition de cette Montre ; mais les platines & le rouage, sont de la grandeur des figures 2 & 3, même Planche.

les pointes de l'axe de balancier font retenues chacunes par un rubis, afin que cette machine puiffe également marcher, étant placée horifontalemant ou verticalement ; & en effet, les frottemens font affez parfaitement égalifés, pour que le balancier décrive la même étendue d'arcs dans ces deux différentes pofitions, (n° 635) ; mais malgré cet état de perfection de la Montre, il eft très-préférable de maintenir verticalement, autant qu'il eft poffible, cette machine ; c'eft la pofition naturelle d'une Montre portative. On évitera par-là les variations qui peuvent avoir lieu, fi le balancier n'eft pas parfaitement mis de pefanteur par les diverfes pofitions de la Montre.

952. Ce que je viens de dire fur ma première Montre à Longitudes portative, doit également être appliqué à la feconde Montre décrite n° 369 & fuiv. & à toutes les machines de cette efpèce.

F I N.

TABLE ALPHABÉTIQUE
DES MATIÈRES

Contenues dans le Supplément au Traité des Horloges Marines, & à l'Eſſai ſur l'Horlogerie.

Les chiffres indiquent le numéro (ou la page) du texte auquel on doit recourir pour l'explication de l'article cherché.

cette

Fin de la Table des Matières.

APPROBATION.

J'AI examiné par ordre de Monseigneur le Garde des Sceaux un Ouvrage intitulé : *De la Mesure du Temps*, &c. par M. FERDINAND BERTHOUD; c'est un Supplément utile aux Ouvrages importans qu'il a donnés sur l'Horlogerie, & il m'a paru très-digne de l'impression. A Paris, le 13 Janvier 1787.

DE LA LANDE, Censeur Royal.

Le PRIVILÉGE *se trouve à la fin du Traité des Horloges Marines.*

Fig. 2.

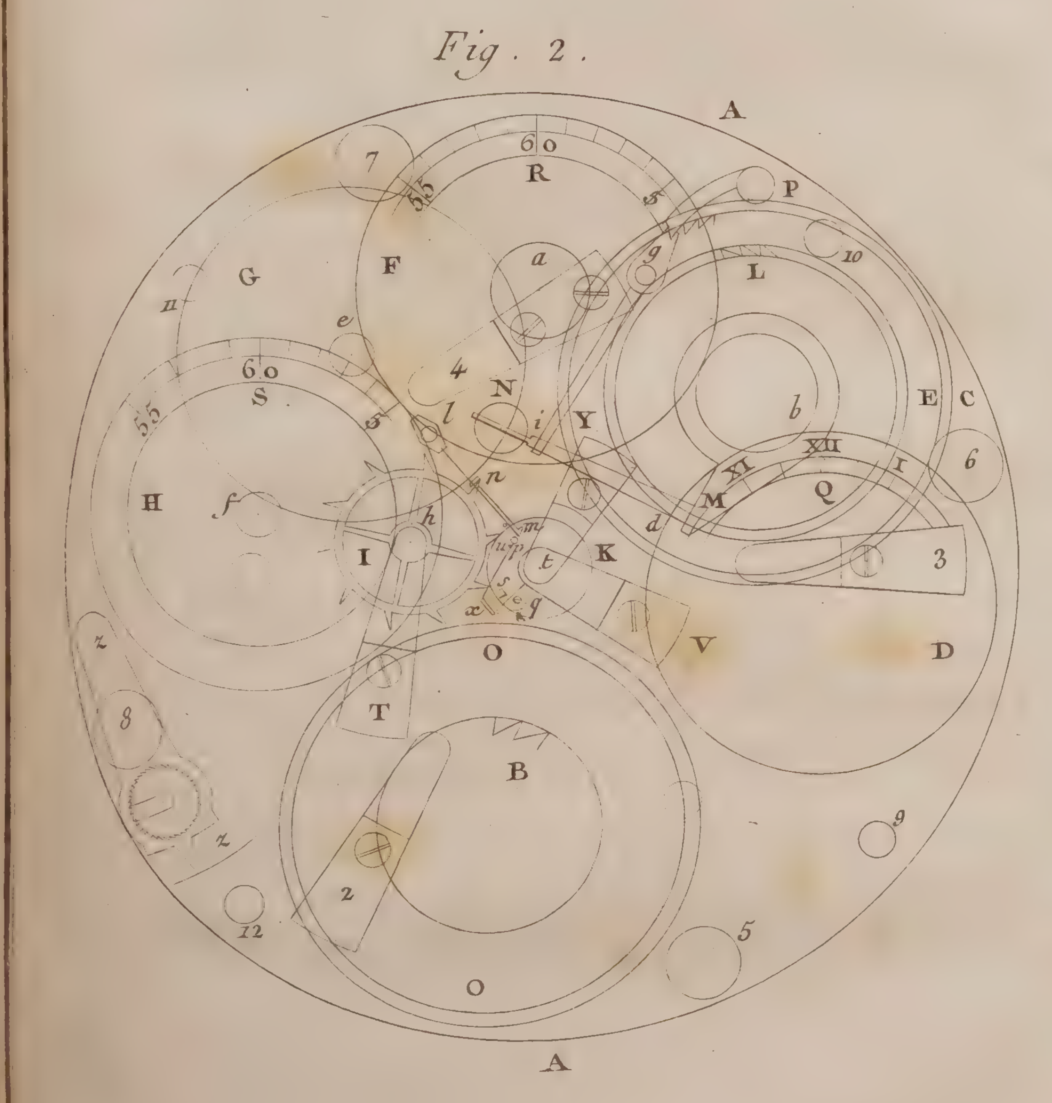


Fig. 1.

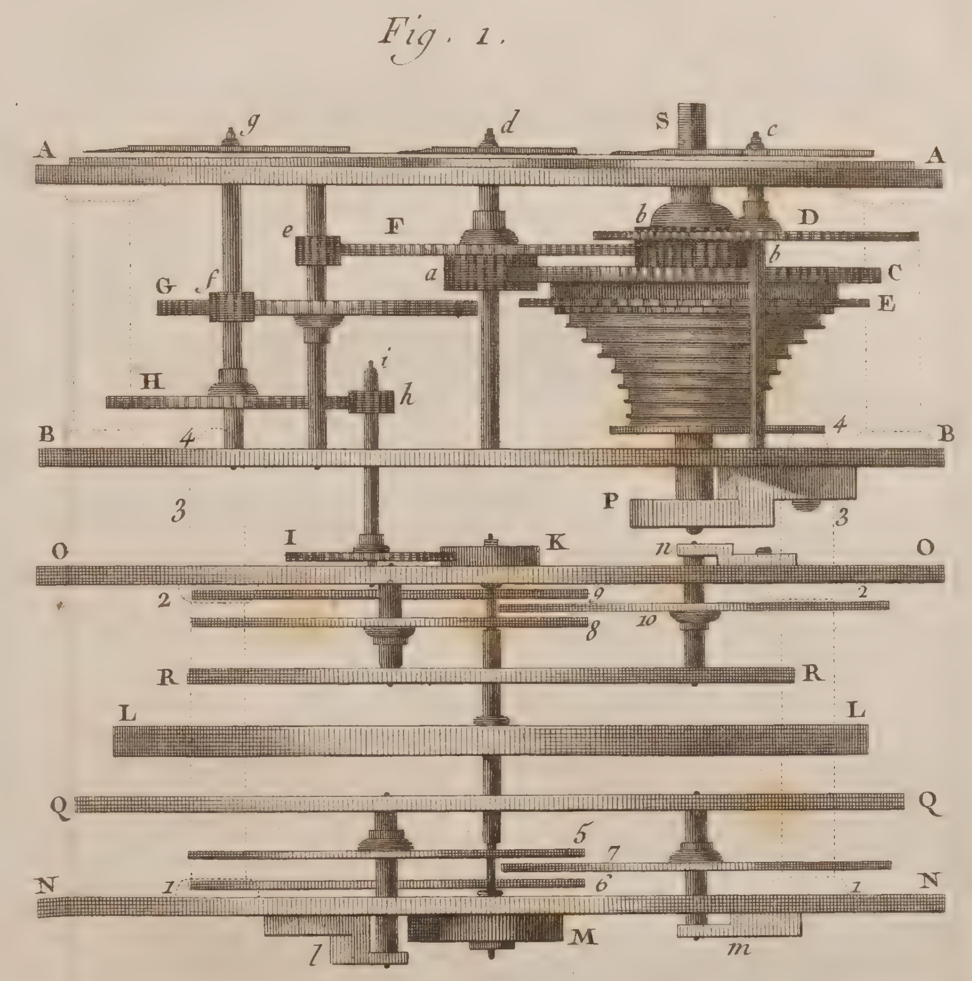
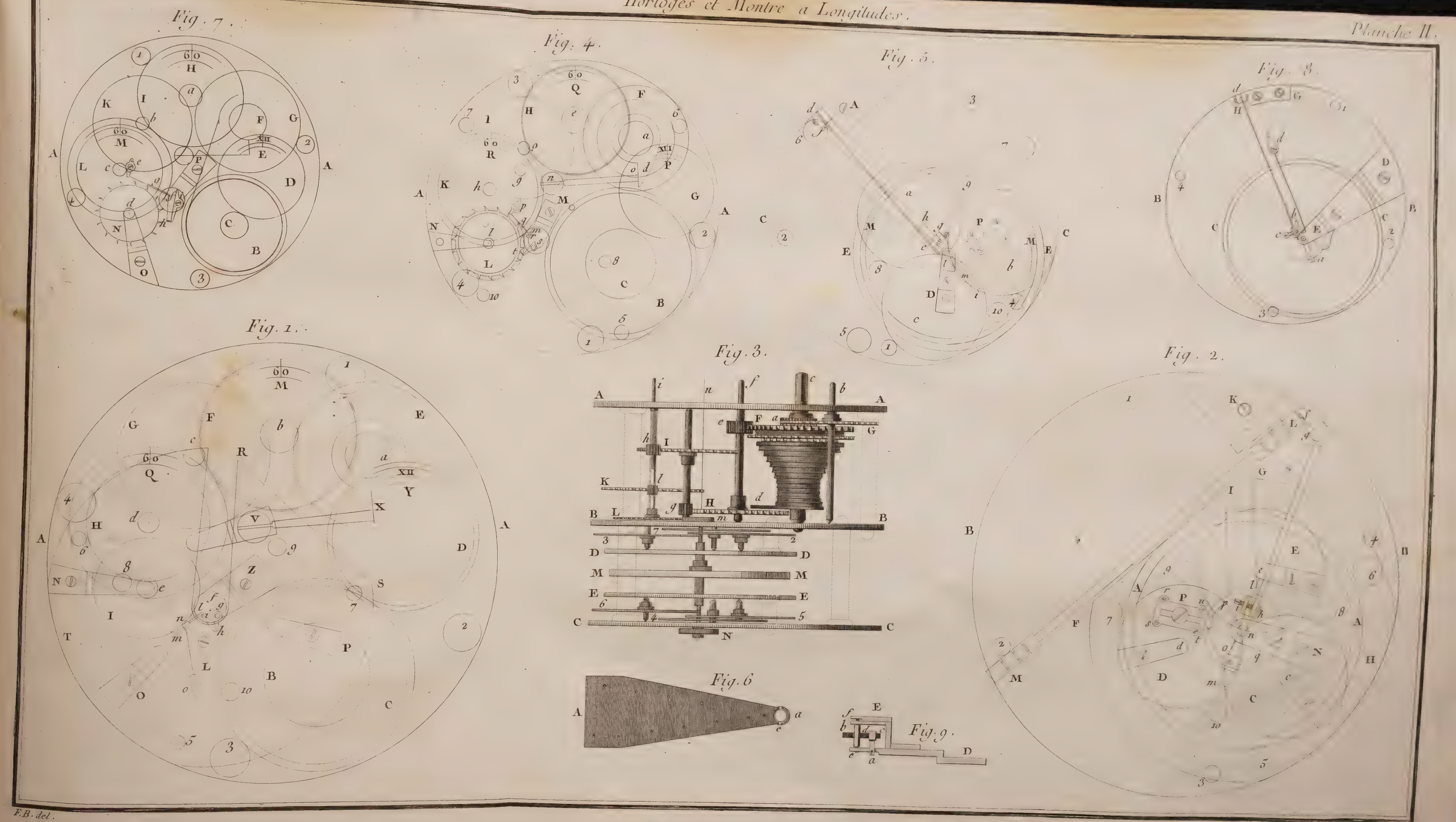


Fig. 3.



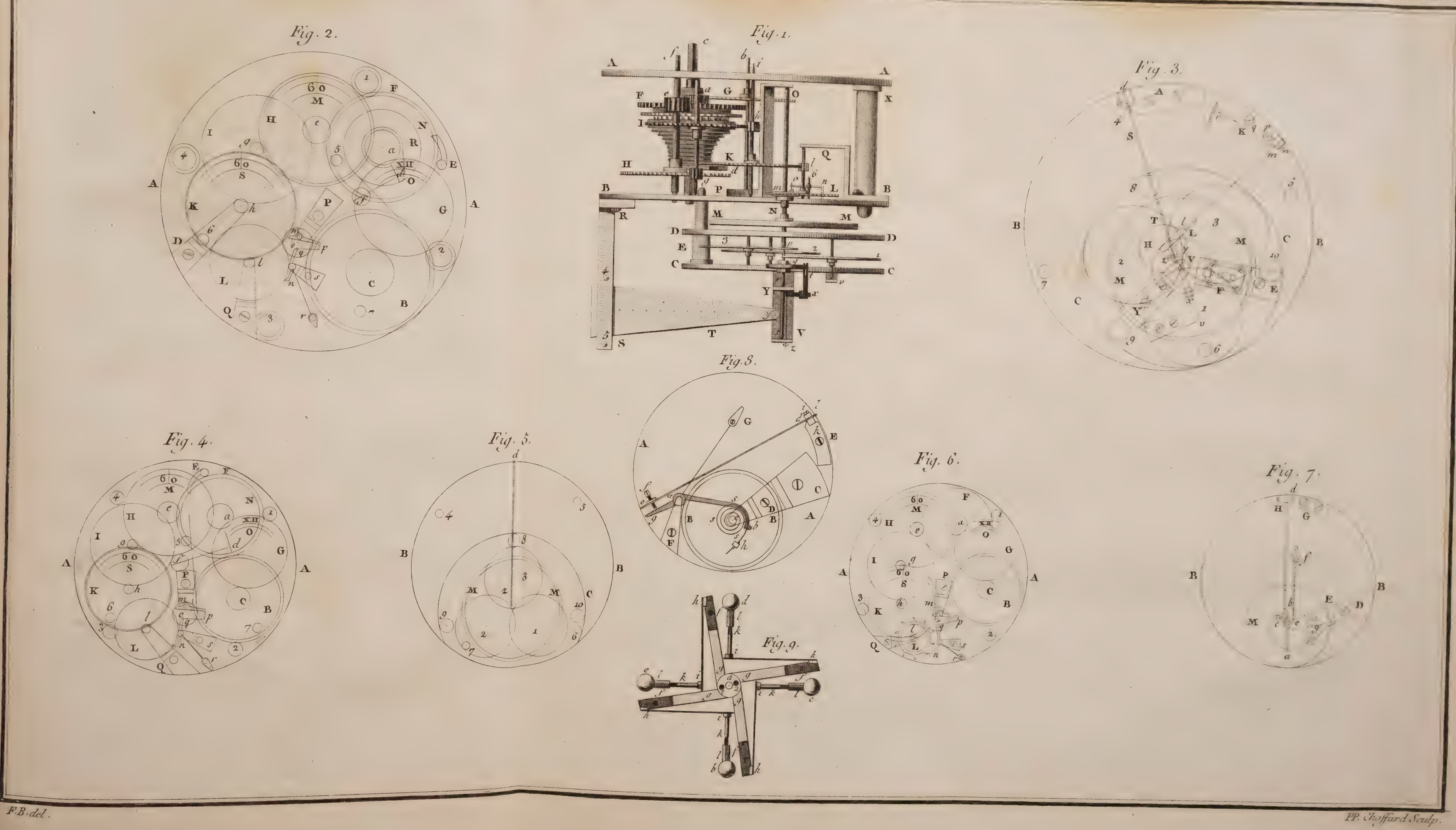
Fig. 4.

F.B. del. P.P. Choffard Sculp.

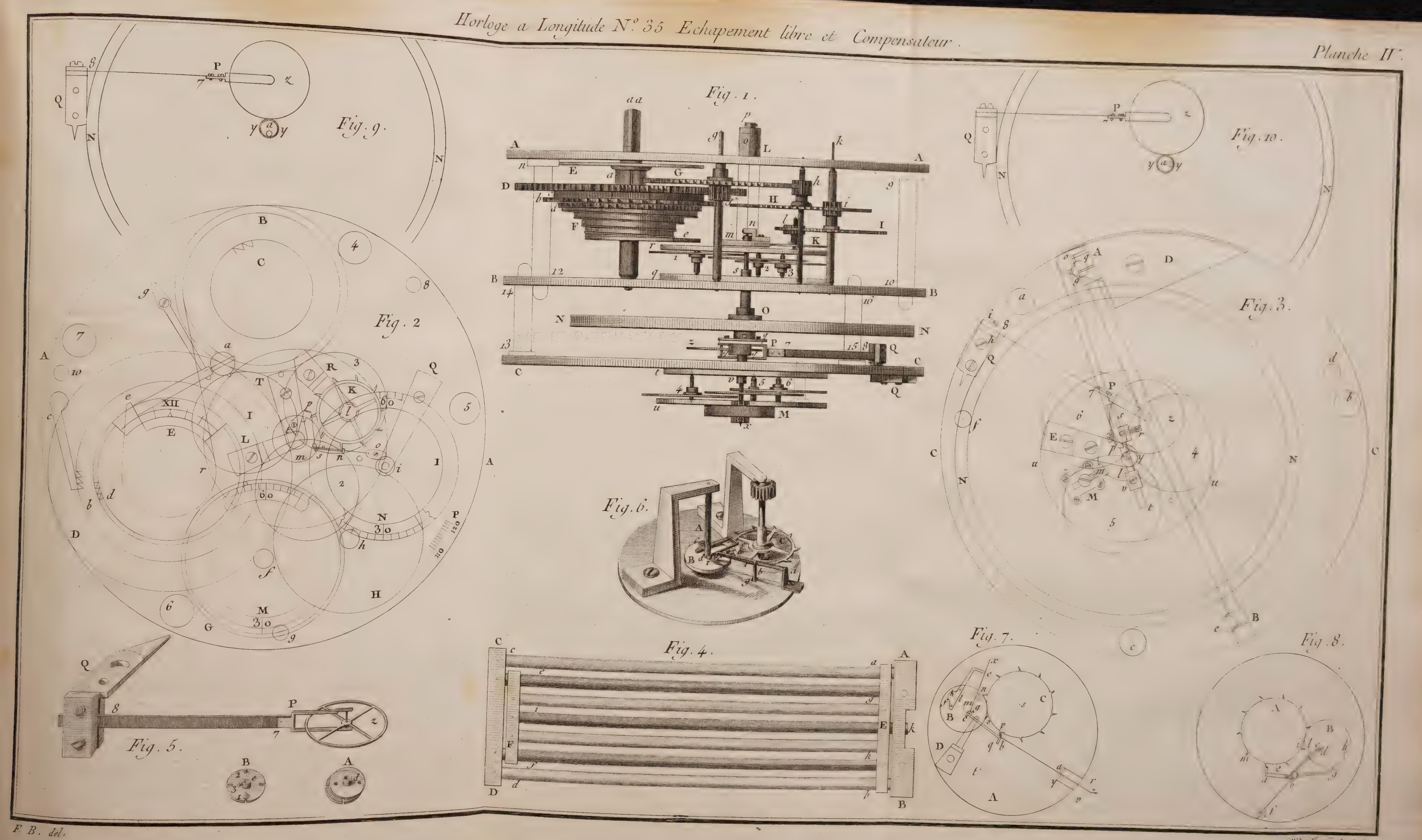


F.B. del.

P.P. Chofford Sculp.

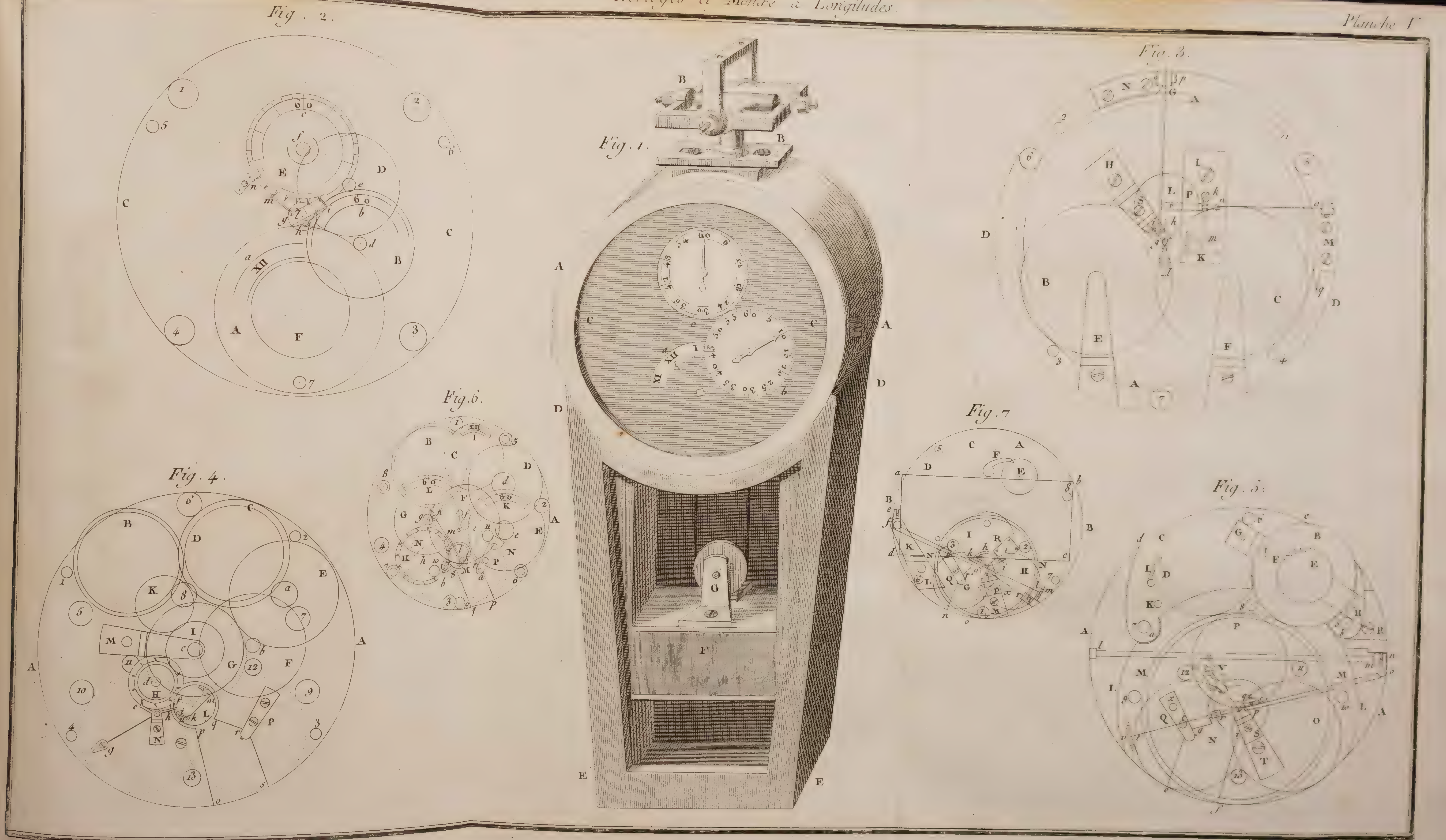


F.B. del. P.P. Choffard Sculp.



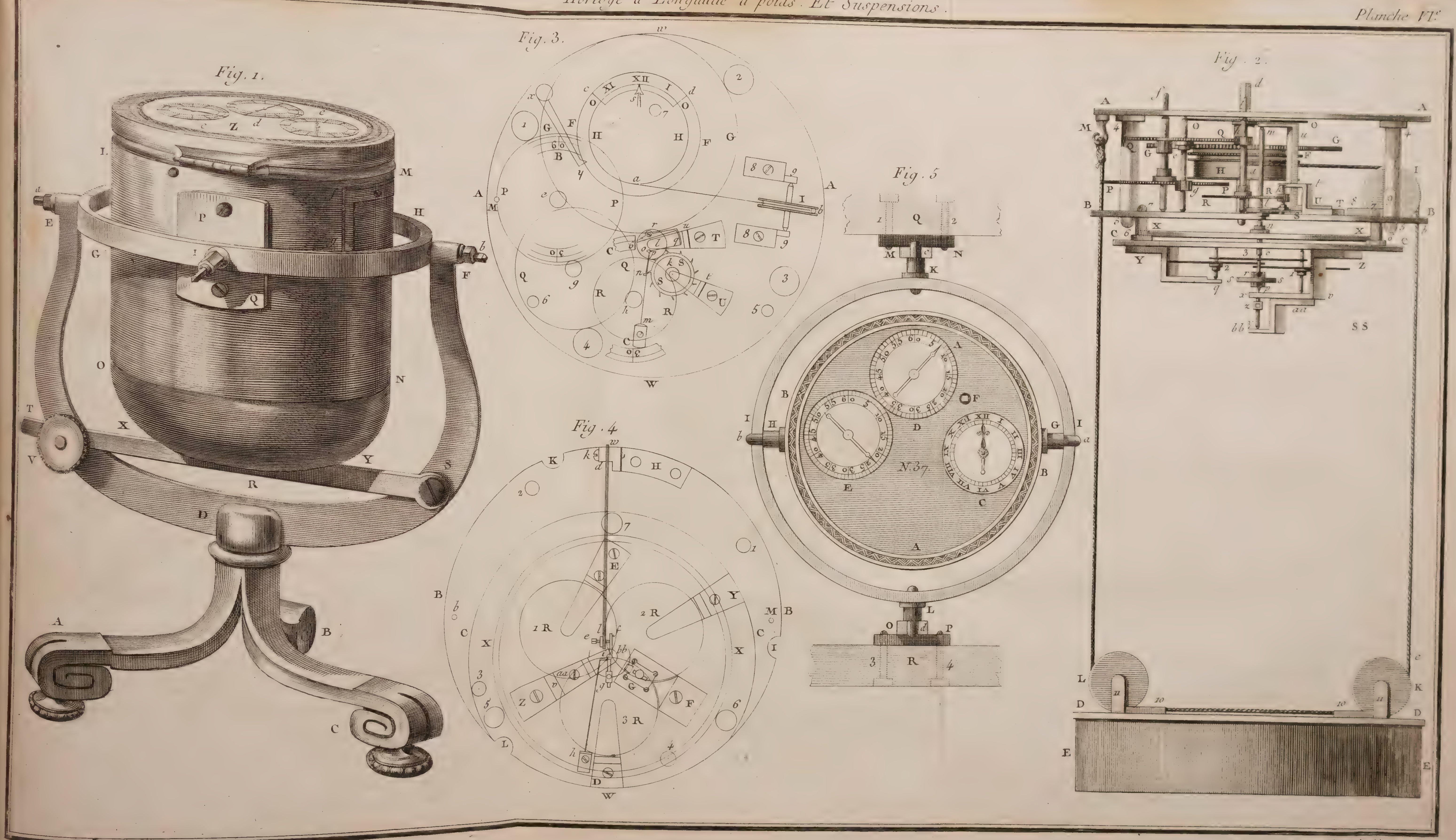
F. B. del.

P.P. Choffard Sculp.

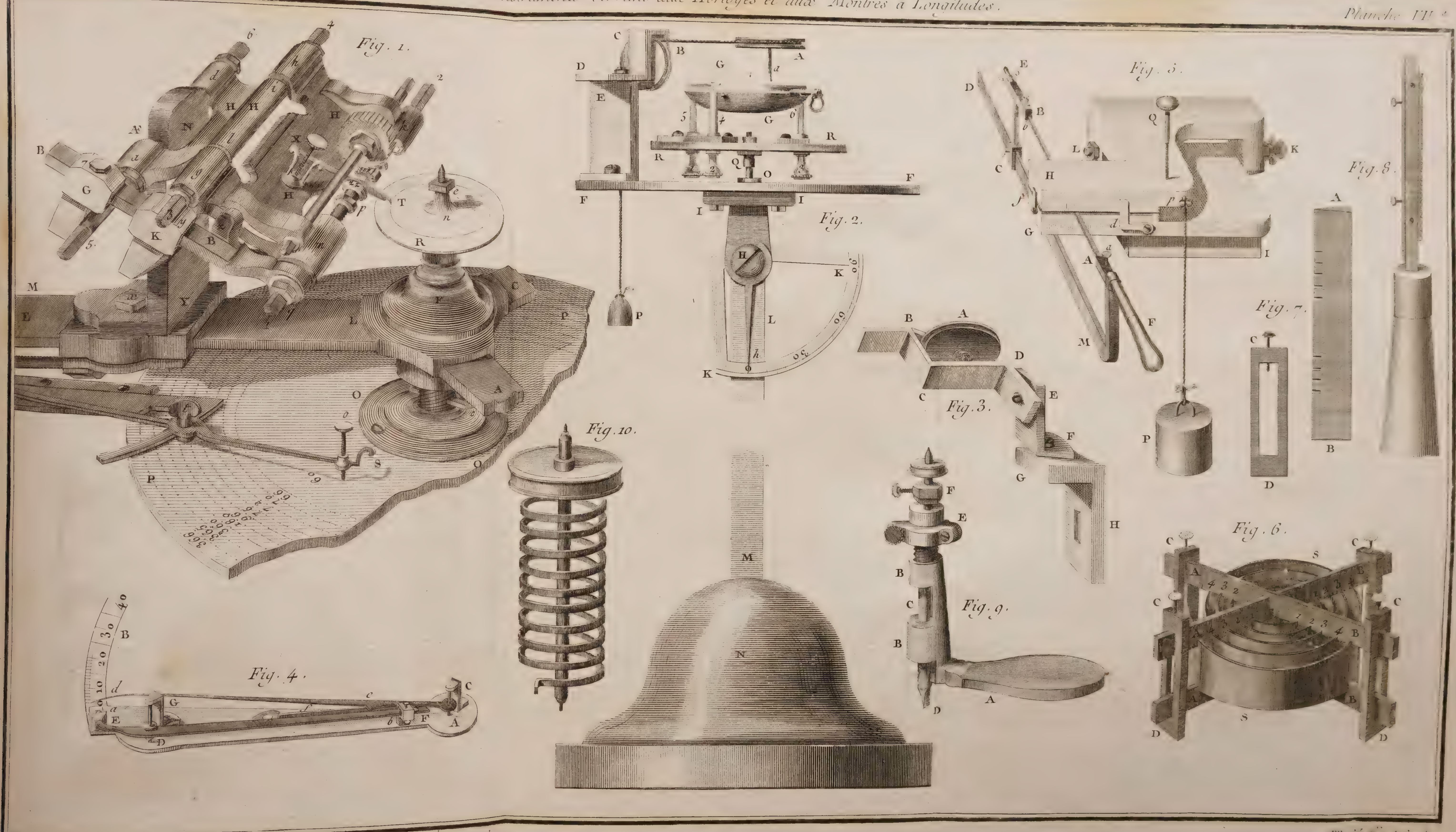


F. B. del.

PP. Choffard Sculp.

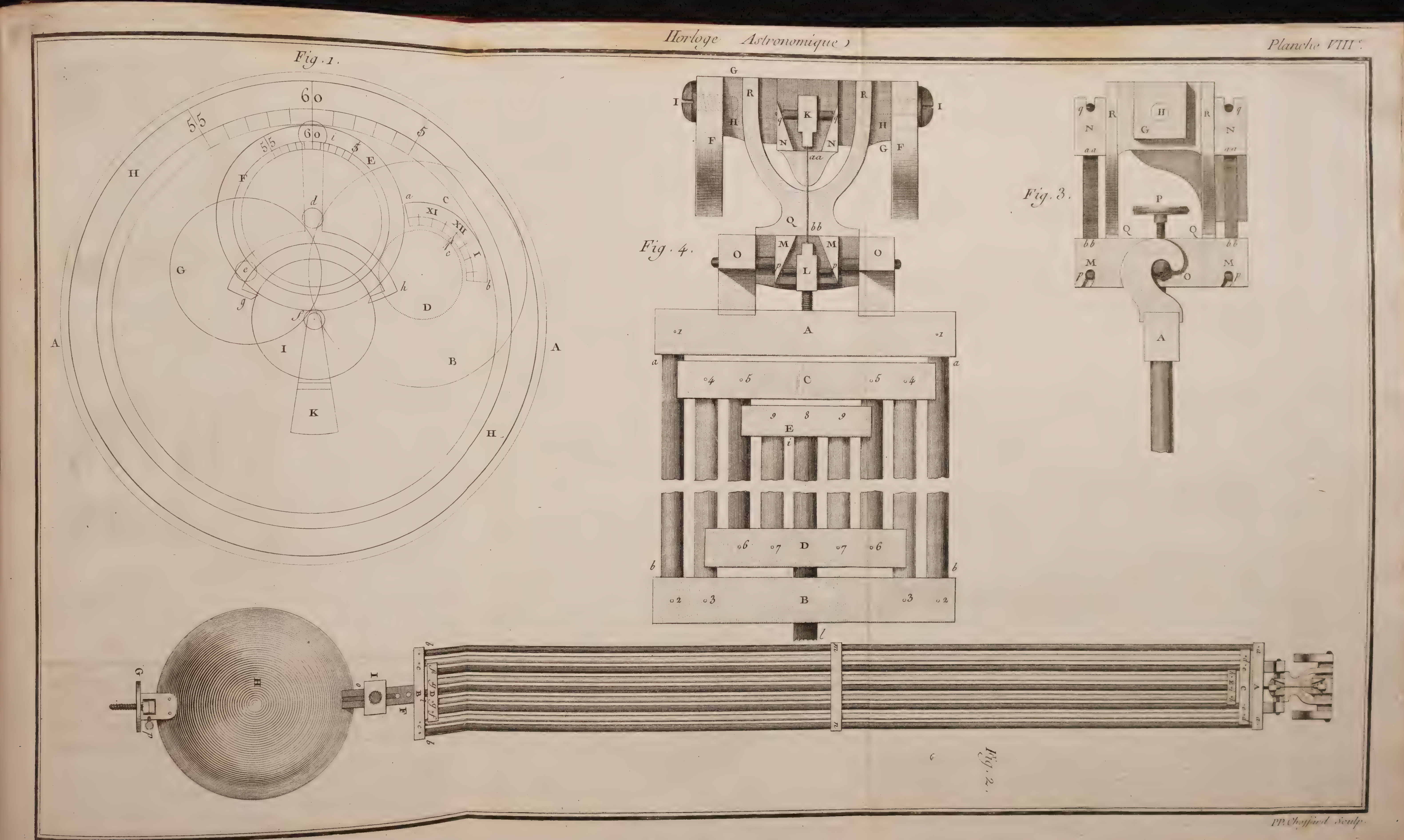


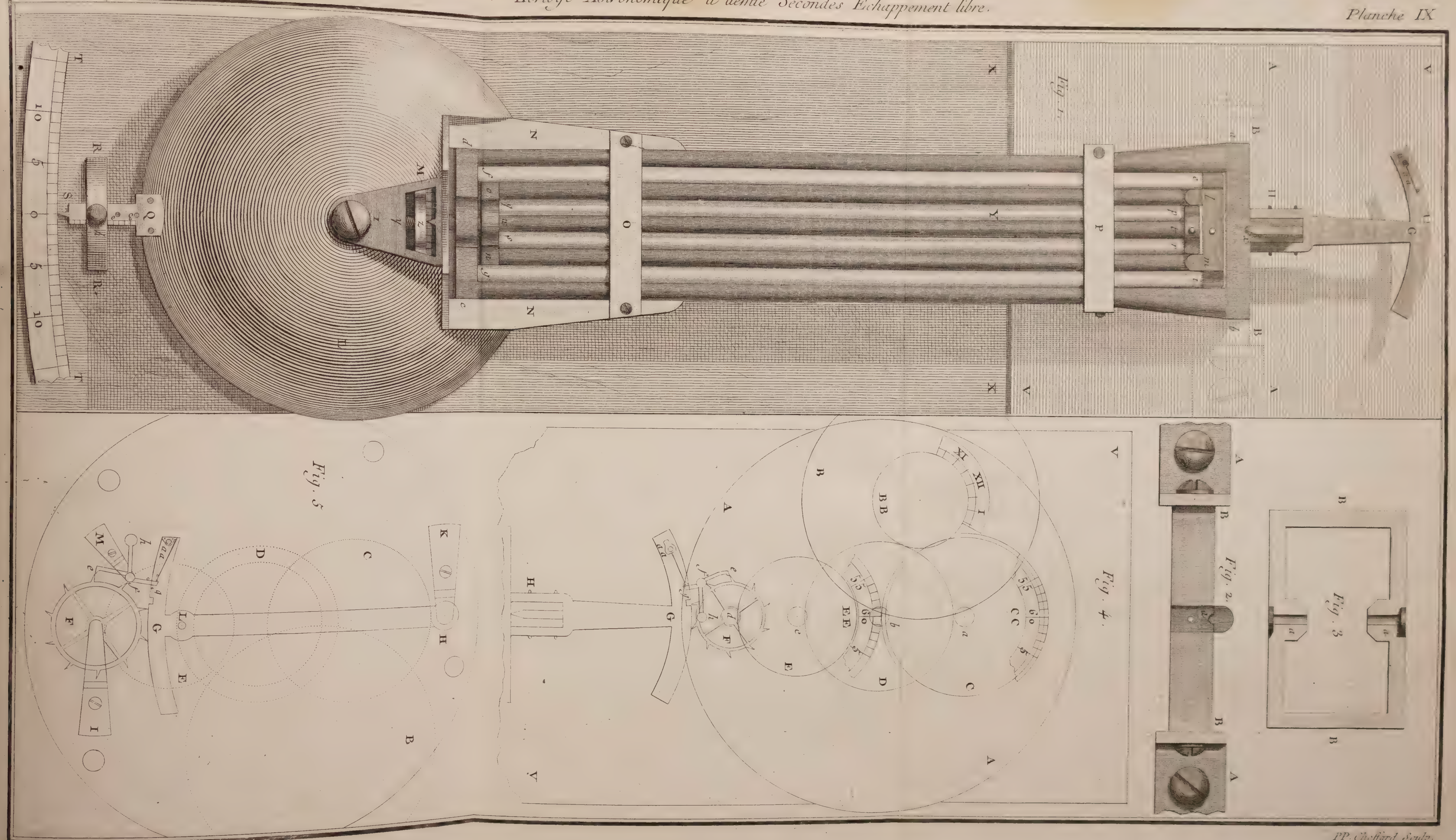
F.B. del. PP [illegible]



Fossier del.

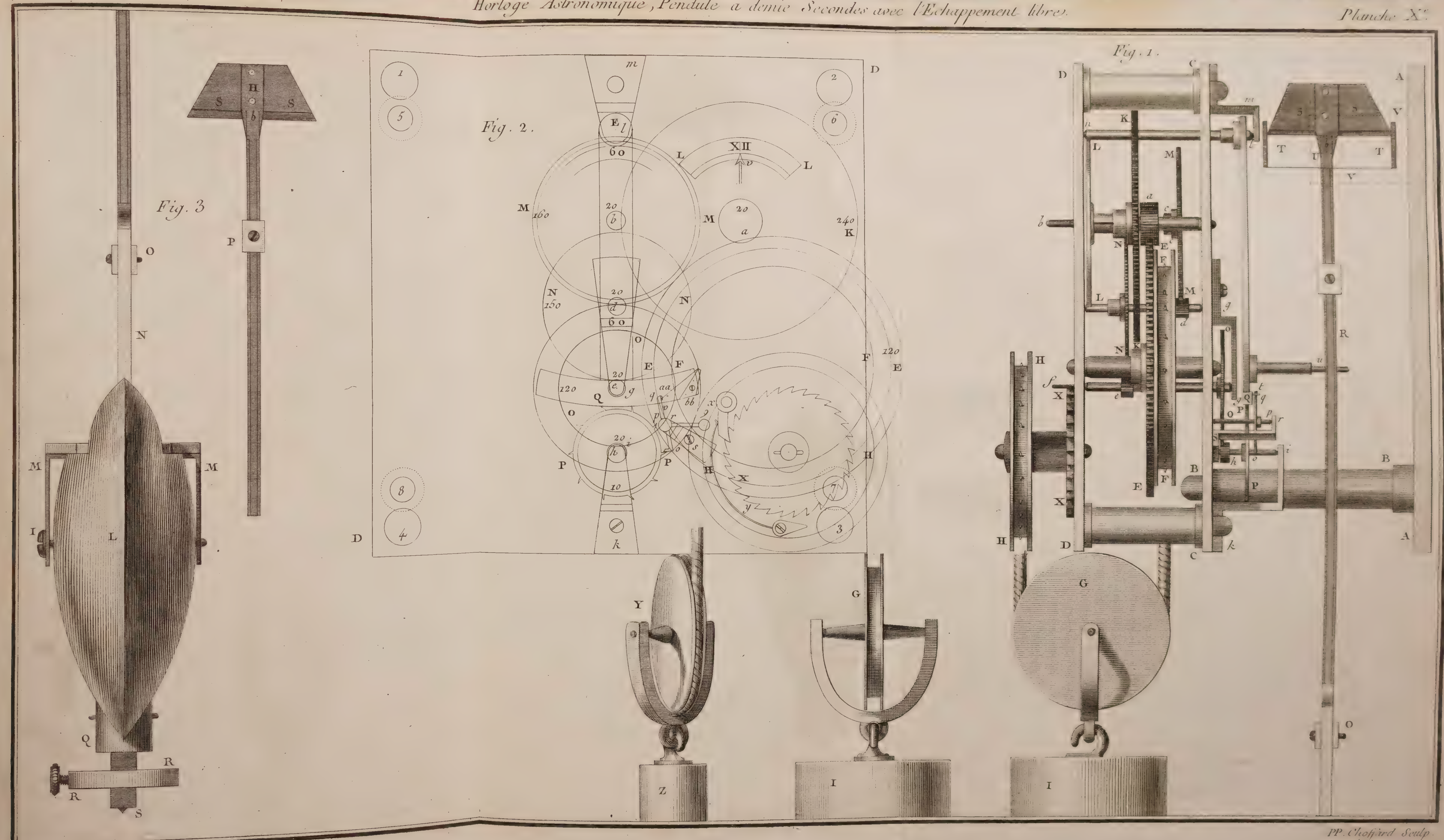
P.P. Choffard Sculp.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fossier del.
P.P. Choffard Sculp.



Foßier del

PP. Choffard Sculp.



Fossier del.

PP. Choffard Sculp.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 1.

Fig. 4.

Fossier del. *P.P. Choffard Sculp.*

